SECRETARIA
DOS TRANSPORTES

GOVERNO DO ESTADO
DE SÃO PAULO

DERSA DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S.A.

PROGRAMA RODOANEL MARIO COVAS
Trecho Norte

RODOANEL MARIO COVAS
TRECHO NORTE

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL – EIA

Volume X – Anexo 11

Setembro de 2010

CONSÓRCIO JGP PRIME Engenharia

ESTRUTURA GERAL DO ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL - EIA

VOLUME I

1.0 Apresentação

1.1 Objeto de Licenciamento

1.2 Programa Geral de Implantação do Rodoanel Mario Covas

1.3 Localização

1.4 Dados Básicos

1.5 Caracterização Sumária do Empreendimento

1.6 Estrutura do Estudo de Impacto Ambiental

2.0 Justificativa do Empreendimento

2.1 Objetivos

2.2 O Trecho Norte no Contexto Macro-Regional

2.3 O Trecho Norte no Âmbito dos Planos e Programas Regionais para o Setor de Transportes

2.3.1 Plano Diretor de Desenvolvimento de Transportes do Estado de São Paulo - PDDT Vivo 2000 - 2020

2.3.2 Plano Integrado de Transporte Urbano - PITU 2020/2025

2.3.3 Sistema Metroferroviário

2.3.4 Sistema Integrado de Vias de Interesse Metropolitano – SIVIM

2.3.5 Sistema Viário Estratégico Metropolitano de São Paulo – SVE

2.3.6 Programa Rodoanel

2.3.7 Principais Bases de Informação para o Planejamento de Transportes

2.4 O Trecho Norte no Âmbito do Transporte Metropolitano

2.4.1 A Situação Atual do Sistema de Transporte Metropolitano

2.4.2 Prognósticos para a Evolução do Sistema de Transporte Metropolitano

2.4.2.1 Metodologia de Modelagem de Transporte

2.4.2.1.1 Representação da Demanda por Transportes

2.4.2.1.2 Histórico da Base de Dados de Demanda de Transportes

2.4.2.1.3 Aspectos Metodológicos das Projeções da Demanda

2.4.2.1.4 Representação da Oferta de Infra-Estrutura Viária

2.4.2.1.5 Processo de Alocação de Viagens a Rede de Transportes

2.4.3 Resultados dos Estudos de Transportes

2.4.3.1 Prognóstico Sem o Empreendimento

2.4.3.2 Prognóstico Com o Empreendimento (Trecho Norte do Rodoanel)

2.4.3.2.1 Análise das velocidades Médias de Tráfego

2.4.3.2.2 Volumes de Tráfego nos Trechos do Rodoanel

2.4.3.2.3 Análise da Capacidade dos Trechos Específicos do Rodoanel

2.4.3.2.4 Volumes de Tráfego em Trechos Selecionados da Rede Viária

2.4.3.2.5 Análise de Nível de Serviço de Trechos Selecionados

2.4.3.2.6 Quantificação de Benefícios Sócio Econômicos devidos à Inserção do Trecho Norte

2.4.3.2.7 Volumes Diários Médios de Tráfego nas Intersecções do Rodoanel

2.4.3.2.8 Análises de Alternativas de Conexões Viárias com o Trecho Norte do Rodoanel

VOLUME II

3.0 Estudo de Alternativas
3.1 Alternativa de Não Construção do Trecho Norte do Rodoanel Mario Covas
3.2 Alternativas Modais e Tecnológicas
3.2.1 Alternativas Modais
3.2.2 Alternativas Tecnológicas
3.2.3 Alternativas Quanto a Utilização Multi-modal da Faixa de Domínio
3.3 Alternativas de Traçado
3.3.1 Metodologia
3.3.2 1ª ETAPA - Alternativas Históricas de Traçado - Rodoanel e Trecho Norte
3.3.2.1 Anéis Rodoviários do DER
3.3.2.2 Programa de Vias Expressas
3.3.2.3 Mini-Anel Viário
3.3.2.4Anéis DERSA
3.3.2.5 Anel Viário Metropolitano
3.3.2.6 Perimetral Metropolitana - VPM
3.3.2.7 Via de Interligação Rodoviária - VIR
3.3.2.8 Rodoanel
3.3.3 2ª ETAPA - Identificação e Seleção de Macro-diretrizes de Traçado
3.3.4 3ª ETAPA – Consulta e discussão com prefeituras e outras partes interessadas
3.3.5 4ª ETAPA - Seleção da Diretriz Preferencial
3.3.5.1 Aspectos Gerais
3.3.5.2 Descrição e Seleção de Alternativas de Traçado

4.0 Caracterização do Empreendimento
4.1 Padrão Viário e Capacidade do Rodoanel
4.2 Características Técnicas e Geométricas
4.2.1 Características Geométricas
4.2.2 Faixa de Domínio
4.2.3 Interseções
4.2.4 Obras de Arte Especiais
4.2.5 Drenagem
4.2.6 Terraplenagem e Excavação de Túneis
4.2.7 Balanço de Materiais
4.2.8 Relocação de Interferências
4.2.9 Pavimento
4.3 Condicionantes Logísticas
4.4 Áreas de Apoio
4.5 Principais Procedimentos Executivos
4.6 Cronograma
4.7 Investimentos
4.8 Padrão Operacional

VOLUME III

5.0 Diagnóstico Ambiental

5.1 Referencial Metodológico Geral

5.1.1 Delimitação das Áreas de Influência

5.2 Diagnóstico Ambiental da Área de Influência Indireta (AII)

5.2.1 Meio Físico

5.2.1.1 Clima

5.2.1.2 Geologia, Geomorfologia e Pedologia

5.2.1.2.1 Cavidades Naturais na AII

5.2.1.3 Recursos Hídricos Superficiais

5.2.1.4 Recursos Hídricos Subterrâneos

5.2.1.5 Qualidade do Ar

5.2.2 Meio Biótico

5.2.2.1 Vegetação

5.2.2.2 Fauna Terrestre Associada

*5.2.2.2.*1 O Parque Estadual da Cantareira, a Fauna Silvestre e o Trecho Norte do Rodoanel Mario Covas

5.2.2.3 Fauna Aquática Associada

5.2.3 Meio Antrópico

5.2.3.1 Dinâmica de Ocupação/Urbanização

5.2.3.2 Estrutura Urbana Atual

5.2.3.3 Diretrizes, Políticas e Legislação de Ordenamento Territorial

5.2.3.3.1 Planos e Programas de Desenvolvimento Urbano para a Região Metropolitana de São Paulo

5.2.3.3.2 Planos Diretores e Legislação Urbanística Aplicável

5.2.3.4 Perfil Sócio-Econômico

5.2.3.5 Economia Regional

5.2.3.6 Infra-estrutura Social

5.2.3.7 Finanças Públicas

5.2.3.8 Patrimônio Arqueológico, Histórico e Cultural

5.2.4 Áreas de Interesse Ambiental Legisladas

5.2.4.1 Unidades de Conservação

5.2.4.2 Outras Áreas

5.2.5 Comunidades Indígenas

VOLUME IV

5.3 Diagnóstico Ambiental da Área de Influência Direta (AID)

5.3.1 Meio Físico

5.3.1.1 Análise de Terrenos

5.3.1.2 Hidrografia e Drenagem

5.3.1.3 Hidrogeologia

5.3.1.4 Usos e Qualidade da Água

5.3.1.5 Ruído

5.3.2 Meio Biótico

5.3.2.1 Mapeamento e Caracterização da Cobertura Vegetal da AID

5.3.2.2 Caracterização da Fauna Associada

5.3.2.2.1 Mastofauna
5.3.2.2.2 Avifauna
5.3.2.2.3 Herpetofauna
5.3.2.3 Caracterização da Fauna Aquática Associada
5.3.2.3.1 Ictiofauna
5.3.2.3.2 Fitoplâncton
5.3.2.3.3 Zooplâncton
5.3.2.3.4 Zoobentos (Macroinvertebrados Bentônicos)

VOLUME V

5.3.3 Meio Antrópico
5.3.3.1 Estrutura e Dinâmica Urbana
5.3.3.2 Uso e Ocupação do Solo
5.3.3.3 Perfil Sócio-demográfico
5.3.3.4 Equipamentos Sociais
5.3.3.5 Rede Viária e Transportes Públicos
5.3.3.6 Direitos Minerários
5.3.3.7 Áreas Contaminadas na AID
5.4 Caracterização Ambiental da Área de Influência Direta (AID) do Traçado Recomendado e da Área Diretamente Afetada (ADA)
5.4.1 Elementos do Meio Físico
5.4.2 Recursos Hídricos na ADA
5.4.3 Cobertura Vegetal da ADA
5.4.4 Uso e Ocupação Antrópica na ADA
5.4.5 Interferências Infra-estruturais

6.0 Marco Legal e Institucional

6.1 Marco Legal
6.1.1 Legislação de Licenciamento Ambiental
6.1.2 Legislação Florestal
6.1.3 Legislação de Proteção aos Recursos Hídricos e Mananciais
6.1.4 Legislação de Qualidade Ambiental
6.1.5 Legislação Aplicável aos Procedimentos Executivos de Obra
6.1.6 Legislação de Segurança do Trabalho e Saúde Ocupacional
6.1.7 Legislação Relativa a Desapropriação e Reassentamento
6.1.8 Legislação Aplicável a Operações Rodoviárias e ao Transporte de Produtos Perigosos
6.1.9 Legislação Relativa ao Patrimônio Histórico, Cultural e Arqueológico
6.1.10 Legislação Relativa a Compensação Ambiental
6.1.11 Legislação Relativa ao Acesso ao Rodoanel
6.2 Marco Institucional
6.2.1 Instituições Intervenientes no Licenciamento Ambiental
6.2.2 Instituições com Responsabilidade pela Emissão de Autorizações não Vinculadas ao Licenciamento Ambiental
6.2.3 Instituições com Responsabilidade na Supervisão de Aspectos Ambientais, Sociais ou de Segurança do Trabalho Durante a Construção

6.2.4 Instituições com Responsabilidade na Supervisão de Aspectos Ambientais, Sociais ou de Segurança do Trabalho Durante a Operação

VOLUME VI

7.0 Avaliação Ambiental

7.1 Referencial Metodológico Geral

7.2 Identificação de Ações Impactantes

7.3 Identificação e Espacialização de Componentes Ambientais Passíveis de Impactação

7.4 Matriz de Interação - Identificação de Impactos Potenciais

7.4.1 Meio Físico

7.4.1.1 Impactos Potenciais nos Terrenos

7.4.1.2 Impactos Potenciais nos Recursos Hídricos Superficiais

7.4.1.3 Impactos Potenciais nos Recursos Hídricos Subterrâneos

7.4.1.4 Impactos Potenciais na Qualidade do Ar

7.4.2 Meio Biótico

7.4.2.1 Impactos Potenciais na Vegetação

7.4.2.2 Impactos Potenciais na Fauna

7.4.3 Meio Antrópico

7.4.3.1 Impactos Potenciais na Infra-Estrutura Viária, no Tráfego e nos Transportes

7.4.3.2 Impactos Potenciais na Estrutura Urbana

7.4.3.3 Impactos Potenciais nas Atividades Econômicas

7.4.3.4 Impactos Potenciais na Infra-Estrutura Física e Social

7.4.3.5 Impactos Potenciais na Qualidade de Vida da População

7.4.3.6 Impactos Potenciais nas Finanças Públicas

7.4.3.7 Impactos Potenciais no Patrimônio Arqueológico e Cultural

VOLUME VII

7.5 Proposição de Medidas Preventivas, Mitigadoras ou Compensatórias e Estruturação em Programas Ambientais

7.5.1 Programas com início na Fase Pré-construtiva - P1

7.5.2 Programas com início na Fase de Construção – P2

7.5.3 Programas com início na Fase de Operação - P3

7.6 Balanço de Impactos por Componente Ambiental Afetado

7.6.1 Impactos Resultantes nos Componentes do Meio Físico

7.6.1.1 Avaliação dos Impactos Resultantes sobre os Terrenos

7.6.1.2 Avaliação dos Impactos Resultantes sobre os Recursos Hídricos Superficiais

7.6.1.3 Avaliação dos Impactos Resultantes sobre os Recursos Hídricos Subterrâneos

7.6.1.4 Avaliação dos Impactos Resultantes sobre a Qualidade do Ar

7.6.2 Impactos Resultantes nos Componentes do Meio Biótico

7.6.2.1 Avaliação dos Impactos Resultantes sobre a Vegetação

7.6.2.2 Avaliação dos Impactos Resultantes sobre a Fauna

7.6.3 Impactos Resultantes nos Componentes do Meio Antrópico

7.6.3.1 Avaliação dos Impactos Resultantes sobre a Infra-Estrutura Viária, o Tráfego e os Transportes

7.6.3.2 Avaliação dos Impactos Resultantes sobre a Estrutura Urbana

7.6.3.3 Avaliação dos Impactos Resultantes sobre as Atividades Econômicas
7.6.3.4 Avaliação dos Impactos Resultantes sobre a Infraestrutura Física e Social
7.6.3.5 Avaliação dos Impactos Resultantes sobre a Qualidade de Vida da População
7.6.3.6 Avaliação dos Impactos Resultantes sobre as Finanças Públicas
7.6.3.7 Avaliação dos Impactos Resultantes sobre o Patrimônio Arqueológico, Histórico e Cultural

8.0 Conclusão

9.0 Referências Bibliográficas

10.0 Equipe Técnica

VOLUME VIII - Mapas Temáticos

Mapa 4.0.a Área de Influência Direta e Projeto Básico
Mapa 5.3.1.1.a Mapa de Terrenos - AID
Mapa 5.3.2.1.c Mapeamento da Cobertura Vegetal na AID
Mapa 5.3.3.2.a Uso e Ocupação do Solo - AID
Mapa 5.4.a ADA – Área Diretamente Afetada
Mapa 5.4.b ADA – Área Diretamente Afetada
Mapa 5.4.3.a Mapa de Cobertura Vegetal na AID do Traçado Recomendado e ADA

VOLUME IX – ANEXOS 1 A 10

Anexo 1 Parecer Técnico CPRN/DAIA nº 143/2001 / Deliberação CONSEMA nº 27, de 15/09/2004 / AAE – Cap. 7 – Diretrizes para Desenvolvimento do Projeto Rodoviário
Anexo 2 Relatório do Patrimônio Arqueológico, Histórico e Cultural
Anexo 3 Boletins de Análise da Água - Bioagri
Anexo 4 Certificado de Calibração dos Equipamentos de Medição de Ruído
Anexo 5 Lista de Espécies Identificadas pelo Instituto de Botânica de São Paulo - IBt
Anexo 6 Licenças de Transporte, Coleta e Captura de Fauna – IBAMA e Carta de Anuência do Museu de Zoologia da USP para Recebimento dos Espécimes Coletados
Anexo 7 Listas Comentadas das Espécies de Mamíferos e Aves
Anexo 8 Fichas das Áreas Contaminadas - CETESB
Anexo 9 Diagnóstico de Riscos no Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos
Anexo 10 Arquivos Digitais do EIA

VOLUME X – ANEXO 11

Anexo 11 Relatório de Avaliação da Qualidade do Ar e Modelagem de Dispersão de Poluentes

VOLUME XI (PROJETO DE ENGENHARIA)

Anexo 12 Projeto Geométrico (Planta e Perfil) – Alternativa Selecionada

Anexo 13 Alternativas de Traçado / Perfis Longitudinais - Alternativas de Traçado

VOLUME XII – ANEXO 14

Anexo 14 Relatório das Áreas de Apoio

Anexo 11 – Relatório de Avaliação da Qualidade do Ar e Modelagem de Dispersão de Poluentes

ANÁLISE DO IMPACTO DO RODOANEL - TRECHO NORTE SOBRE A QUALIDADE DO AR

Volume 1

São Paulo, Agosto de 2010

EnvironMentality – Tecnologia com Conceitos Ambientais Ltda.
Rua Michigan 177 - São Paulo - CEP 04566-000
Tel/Fax: (11) 5561-3025 - E.Mail: environmentality@uol.com.br

Atenção: Este é um arquivo digital para consulta. O original deste Relatório, impresso em papel e devidamente assinado, é o único documento referente ao assunto aqui abordado que possui validade legal. A reprodução de partes ou do total deste relatório, desde que não editada ou modificada, está autorizada por seus autores na condição de que estes sejam devidamente citados.

SUMÁRIO

Volume 1 – Contribuição de Emissões Atmosféricas na Qualidade do Ar

	Sumário executivo	6
1.	Escopo	8
2.	Antecedentes	8
3.	Metodologias e premissas básicas	10
3.1.	Determinação das condições de tráfego	10
3.2.	Determinação dos fatores de emissão	14
3.3.	Determinação das condições meteorológicas	18
3.4.	Modelo de dispersão atmosférica	21
4.	Discussão dos resultados	25
5.	A normatização das análises de rodovias	27
6.	Conclusões	31

ANEXO I: Caracterização da Região Metropolitana de São Paulo e Condições de Dispersão Associadas

ANEXO II: Estudo de Dispersão Atmosférica das emissões provenientes do tráfego do Rodoanel - Trecho Norte

ANEXO III: Gráficos de Isoconcentrações dos Trechos 01 a 06 - Cenários: 2.014 e 2.024

ANEXO IV: Gráficos de Isoconcentrações dos Túneis 01 a 06- Cenários: 2.014 e 2.024

Este trabalho foi realizado pela EnvironMentality – Tecnologia com Conceitos Ambientais Ltda., conjuntamente com a ADS – Tecnologia e Desenvolvimento Sustentável Ltda., ambas com larga experiência em estudos de vanguarda na emissão de fontes móveis, as quais disponibilizaram dados e procedimentos inovadores por elas desenvolvidos, vitais para a execução deste trabalho com a qualidade técnica necessária. Agradecemos, portanto, a participação de todos os colaboradores e consultores associados que se dedicaram à sua elaboração e, em particular, aos professores do Instituto Astronômico e Geofísico da USP, pelo auxílio prestado nas análises meteorológicas para a modelagem atmosférica, a saber:

Edmilson Dias de Freitas

Ricardo de Camargo

Shigeru Yamagata

Alfred Szwarc
ADS

Fábio Cardinale Branco
EnvironMentality

ANÁLISE DO IMPACTO DO RODOANEL - TRECHO NORTE SOBRE A QUALIDADE DO AR

Sumário executivo

O presente trabalho foi desenvolvido de acordo com o objeto estabelecido no Contrato assinado entre a EnvironMentality e o Consórcio JGP – Consultoria e Participações Ltda e Prime Engenharia, para a análise do impacto do tráfego do Rodoanel no trecho Norte sobre a qualidade do ar. A elaboração dos cenários analisados de tráfego e de qualidade do ar foi feita através de modelagem matemática a partir dos volumes de tráfego previstos pela Secretaria de Transportes e DERSA e de fatores de emissão dos veículos brasileiros calculados com base nos dados de certificação da CETESB através de metodologia própria da EnvironMentality. O traçado do Trecho Norte utilizado na modelagem representa a situação dos estudos de engenharia em 15 de agosto de 2010, tendo sido fornecido pela DERSA.

Os volumes de tráfego utilizados estão baseados nos fluxos médios diários de tráfego modelados pela Assessoria de Planejamento da Secretaria de Transportes do Estado de São Paulo para os quatro segmentos que compõem o Trecho Norte do Rodoanel (Dutra - Cumbica, Cumbica – Fernão Dias, Fernão Dias – Av. Inajar de Souza e Av. Inajar de Souza – Av. Raimundo Pereira de Magalhães) e alças de acesso correspondentes, bem como em previsões de tráfego das rodovias que cruzam ou alimentam esse trecho do Rodoanel, também fornecidos pela DERSA. Com base nas previsões de VDM (Volume Diário Médio) para os cenários estudados (2014 e 2024), nas curvas de distribuição horária estimadas para o Rodoanel e nas proporções das diversas classes de veículos que trafegam nessas rodovias, foram calculados os fatores médios de emissão dos fluxos esperados hora a hora.

Neste trecho existem apenas duas estações meteorológicas com histórico de dados suficientes para serem analisados: estação do Aeroporto Internacional de Cumbica e estação de monitoramento da qualidade do ar da CETESB em Santana. Entretanto, por ser um trecho com aproximadamente 45 km de extensão e com uma topografia bastante variada, posto que percorre as proximidades da Serra da Cantareira, a modelagem de dispersão de poluentes foi feita tanto com os dados reais das estações, extrapolados para todo o trecho, quanto por modelagem feita a partir da aplicação do modelo Brazilian Regional Atmospheric Modeling System (BRAMS)[1] a toda a região Metropolitana de São Paulo para o detalhamento temporal das condições meteorológicas em pontos selecionados sobre o traçado previsto para este trecho do Rodoanel. Com esses dois tipos de dados distintos, gerando cenários de concentração de poluentes diferentes, pode-se avaliar o impacto em qualquer ponto do trecho considerado do Rodoanel em condições simuladas, o mais próximo possível da real utilização da via, verificando-se qual das duas hipóteses de dispersão representa as condições mais severas de contribuição da via para a concentração de poluentes, trabalhando-se em favor da segurança tanto nas áreas residenciais quanto naturais nas margens da rodovia.

Diferentemente dos estudos feitos para os trechos Sul e Leste do Rodoanel, o trecho Norte apresenta uma quantidade de túneis muito mais significativa, de forma que os dados e cenários considerados alimentaram dois modelos distintos de dispersão, a saber:

- para os seis trechos (tabela 1) em que a via corre em superfície ou viadutos foi utilizado o modelo CALRoads View, específico para fontes móveis, para a estimativa e previsão do impacto do tráfego esperado no Rodoanel sobre a qualidade do ar nas imediações da via, em áreas situadas além da faixa de domínio, isto é, em comunidades estabelecidas junto aos trechos que atravessam espaços conurbados, bem como em áreas de reserva natural.

[1] . Walko, R. L., Tremback, C. J., Panetta, J., Freitas, S. R., Fazenda, A. L., Freitas, E. D., Enari, E. BRAMS version 4.0. Model input namelist parameters. Março 2007. Disponível on line em www.cptec.inpe.br/brams

- para os trechos em que a via será construída em túneis, foram modeladas as saídas de ambos os sentidos de cada túnel, considerando-se que os poluentes gerados pelo tráfego no interior dos mesmos venha a ser acumulado e lançado na atmosfera apenas pela boca de saída, dispersando-se em uma faixa de até 100 m de distância do desemboque, no sentido da via. Para essa modelagem foi utilizado o modelo AERMOD, já amplamente consagrado para a estimativa de dispersão de poluentes gerados por fontes fixas.

Tabela 1 – trechos modelados onde a via está projetada em superfície

Trecho	Início	Fim	Foco da modelagem
1	Trecho Oeste do Rodoanel	túnel 1	entroncamento com Raimundo P. de Magalhães
2	túnel 1	túnel 2	região urbanizada de Brasilândia
3	túnel 2	túnel 3	entroncamento com Inajar de Sousa
4	túnel 5	túnel 6	entroncamento com Rod. Fernão Dias
5	túnel 6	divisa com Município de Arujá	estrada Gruarulhos-Nazaré
6	divisa com Município de Arujá	Trecho Leste do Rodoanel	entroncamento com Rod. Presidente Dutra

Como resultados são apresentadas as linhas de isoconcentração de poluentes estimadas em função da distância do eixo da rodovia, nos trechos em que

a via correrá em superfície, ou dos desemboques dos túneis, conforme o caso (anexos III e IV).

A avaliação dos cenários estudados indicou que, no geral, a situação para o ano 2014 é mais severa do que a prevista para 2024. Isto se deve à tendência de redução das emissões veiculares em geral ditadas pelo PROCONVE, as quais compensam, com vantagem, o crescimento esperado do tráfego.

No caso das simulações feitas para os trechos onde a rodovia não apresenta túneis, não foram observados pontos críticos de concentração para os cinco poluentes considerados (monóxido de carbono, hidrocarbonetos, material particulado, dióxido de nitrogênio e dióxido de enxofre) que possam vir a representar ameaça à qualidade do ar fora da faixa de domínio do Rodoanel. O único poluente que apresentou concentrações significativas, ultrapassando o Padrão de Qualidade do Ar (PQAr) apenas sobre as faixas de rolamento, foi o dióxido de nitrogênio. Essas concentrações caem rapidamente, atingindo o PQAr ainda dentro dos limites da faixa de domínio.

Ressalte-se que, devido às características próprias deste poluente quanto à reatividade fotoquímica, foi necessário que sua modelagem fosse feita pelo modelo CALINE4, o qual não considera os dados reais ou simulados pelo modelo BRAMS de meteorologia, de modo que essa modelagem foi efetuada apenas com a situação mais crítica de estabilidade atmosférica (classe de estabilidade G e velocidade do vento de 1 m/s), cuja ocorrência é muito pouco provável, restrita a alguns dias de inverno e não persistente ao longo das 24 horas do dia. Exceção é feita à modelagem dos túneis, pelo modelo AERMOD, que considera tanto as condições meteorológicas quanto a emissão dos poluentes a cada hora ao longo do dia.

No caso do material particulado, apenas nas proximidades do entroncamento com a Rodovia Presidente Dutra (trecho 6) a simulação de concentração anual indicou ultrapassagem do padrão de qualidade do ar, também restrita à área da rodovia, apenas para o cenário de 2014.

Para os desemboques dos túneis, modelados pelo AERMOD, observa-se que ocorre ultrapassagem do PQAr em dois pontos, apenas para o dióxido de nitrogênio, novamente sobre as faixas de rolamento.

Devido à proximidade da reserva da Serra da Cantareira, é necessário analisar com maior cuidado as concentrações previstas de dióxido de enxofre, o qual, dentre os poluentes estudados é aquele que potencialmente pode provocar maior impacto sobre a vegetação. Para esse tipo de análise, e Resolução CONAMA n° 3, de 1990, estabelece o padrão secundário de qualidade do ar, mais restritivo do que o padrão primário, normalmente utilizado para áreas de ocupação urbana. No caso do dióxido de enxofre, o padrão secundário corresponde à concentração média de 24 horas de 100 $\mu g/m^3$ e à concentração média aritmética anual de 40 $\mu g/m^3$.

Assim, analisando o efeito potencial dos poluentes emitidos sobre a vegetação, observamos que apenas no trecho 6 ocorre a possibilidade de ultrapassagem do padrão secundário anual no cenário de 2014 sobre a pista. Cabe ressaltar, ainda, que esta ultrapassagem do padrão secundário ocorre apenas no cruzamento entre o Trecho Norte do Rodoanel e a Rodovia Presidente Dutra, portanto em área urbana, fora da reserva natural.

1. Escopo

O propósito deste trabalho é atender ao objeto do Contrato assinado entre a EnvironMentality e o Consórcio JGP/PRIME, formado pelas empresas JGP – Consultoria e Participações Ltda e Prime Engenharia, que foi incumbido pela DERSA para a análise do impacto do tráfego do Trecho Norte Rodoanel no sobre a qualidade do ar. Nesse contexto o trabalho projeta cenários de tráfego e correspondentes impactos sobre a qualidade do ar que permitem avaliar a magnitude dos efeitos da emissão de poluentes pelos veículos que trafegam no Trecho Norte do Rodoanel Mário Covas. Complementarmente, permite estimar a necessidade de adoção de medidas destinadas a mitigar efeitos que possam vir a ser considerados críticos.

2. Antecedentes

Em 2001, a EnvironMentality desenvolveu um trabalho em conjunto com o Instituto de Física da USP e o Instituto de Pesquisas Energéticas – IPEN para a determinação do impacto ambiental do tráfego de veículos no Sistema Anchieta-Imigrantes, publicado mais tarde pela Ecovias[2]. O trabalho demonstrou que em uma rodovia não ocorrem condições totalmente desfavoráveis à dispersão de poluentes atmosféricos concomitantemente com os episódios de máxima emissão, pois o próprio movimento dos veículos é suficiente para promover um fluxo de ar no sentido do tráfego por "efeito de arraste", bem como a dissipação de energia pelos veículos gera um movimento de convecção natural, induzindo à dispersão dos poluentes. A existência desse efeito de arraste pelo tráfego de veículos e a ocorrência de turbulência térmica criada pela dissipação de energia contida no gás de exaustão e emitida pelos próprios veículos são fenômenos também reportados em diversos trabalhos internacionais. Desta forma, a presença de tráfego intenso, com alta emissão de poluentes, não coincide necessariamente com as condições locais de calmaria e vice-versa.

Aquele trabalho também estabeleceu correlações entre as concentrações dos diversos poluentes medidos de forma a evidenciar os poluentes traçadores do tráfego, onde o material particulado mostrou-se bom indicador do tráfego de veículos a diesel e o monóxido de carbono, um bom indicador dos veículos leves, que no Brasil são primordialmente equipados com motor de ignição por centelha (motor do ciclo Otto alimentados a álcool, gasolina, misturas álcool-gasolina ou gás natural). Verificou-se, também, que os demais poluentes podem ser estimados através das proporções das emissões no inventário de fontes móveis, considerando as proporções reais das classes de veículos que circulam na rodovia em estudo.

---

[2] Branco, G. M. e Branco, F. C. (EnvironMentality); Gatti, L.V. (IPEN); Artaxo Neto, P.E. (Instituto de Física USP); Murgel, E.; Martins, A. (Ecovias) - Impacto do Sistema Anchieta-Imigrantes sobre a Qualidade do Ar e modelagem estatística para a intervenção e gerenciamento de sua operação – Congresso ABCR – Gramado - RS - novembro/2003.

Mais recentemente, este método foi aplicado na avaliação do Corredor Expresso Tiradentes, para a São Paulo Transportes – SPTrans, onde o monitoramento de material particulado ao longo das vias de tráfego indicou os pontos críticos e permitiu comparar a influência do tráfego de ônibus no corredor sobre as concentrações existentes na cidade.

Outro experimento conduzido pela EnvironMentality para a medição da emissão de ônibus a diesel com amostrador a bordo de um veículo conduzido em ciclos padronizados de tráfego urbano para a avaliação de filtros de partículas e catalisadores também aportou conhecimentos importantes para a determinação dos fatores de emissão em g/km, validando os processos de cálculo indireto a partir da emissão dos motores (em g/kWh) e dos consumos de combustível medidos no motor em ciclo de emissões e no veículo em uso normal.

Todos estes trabalhos permitiram a validação dos métodos de cálculo dos fatores de emissão dos veículos pesados a partir dos fatores dos seus motores e a sua aplicação em inventários e nos modelos de dispersão.

Finalmente, vale lembrar que estes procedimentos são essencialmente os mesmos empregados por esta mesma equipe de consultores nos estudos anteriores, relativos aos trechos Sul e Leste do Rodoanel, diferindo apenas nos fatores de emissão da via que foram calculados com os fluxos e as composições do tráfego de veículos leves e pesados peculiares do trecho Norte e à composição da frota projetada para os anos base de 2014 e 2024, conforme solicitado pela DERSA e pelo Consórcio. Outra diferença importante refere-se à modelagem das emissões nas saídas dos seis túneis, que exigiu a utilização de fatores de emissão e fluxos de veículos calculados hora a hora, devido às características intrínsecas do programa AERMOD, que considera as emissões ao longo de todo o dia e não apenas durante os picos de emissão.

Com base nos conhecimentos consolidados nos trabalhos descritos acima e na modelagem de cenários críticos com o software CALRoads View, este trabalho possibilita prever o impacto do tráfego previsto para o Rodoanel, tanto num prazo mais imediato (2014, quando deverá entrar em funcionamento o Trecho Norte do

Rodoanel) como no futuro (2024), considerando, inclusive, a evolução dos fatores médios de emissão esperados em função do desenvolvimento do PROCONVE – Programa de Controle da Poluição por Veículos Automotores e do acordo de postergação das medidas de controle para veículos pesados fabricados entre 2009 a 2012.

Para a modelagem das emissões dos túneis foi utilizado o software AERMOD, considerando-se a saída dos túneis como fontes estacionárias (do tipo fonte-volume) que acumulam todas as emissões geradas no seu interior. Devido tanto ao efeito de arraste descrito anteriormente, quanto ao fluxo gerado pelos ventiladores a serem instalados no interior dos túneis, considerou-se que as emissões dos túneis diferem daquelas geradas por chaminés em fontes industriais, ocorrendo a dispersão por uma faixa de 100 m ao longo da via após a boca do túnel propriamente dita. Trata-se de metodologia compatível com a literatura especializada internacional, e inclusive preconizada pelo órgão ambiental de Hong Kong.

3. Metodologias e Premissas Fundamentais

O estudo foi desenvolvido com base nas informações estatísticas disponíveis e ajustadas entre si, para assegurar a consistência entre os dados e tendências que cada uma revela, tendo sido utilizadas diferentes fontes de dados, buscando-se sempre aquelas que fossem mais adequadas às características próprias do Rodoanel.

Em alguns casos, em especial naqueles relacionados aos fatores de emissão, os dados de base não são detalhados por terem sido obtidos ou compilados pela EnvironMentality em projetos nos quais é exigida confidencialidade, embora possam ser utilizados por este escritório. Os valores médios, por sua vez,

foram calculados especificamente para as condições de tráfego e frotas previstas pela DERSA para o âmbito do presente trabalho, sendo portanto aplicáveis apenas para a modelagem do Rodoanel Trecho Norte.

Para produzir o fator de emissão médio dos veículos que trafegarão no Rodoanel, da forma como é solicitado nos modelos CALRoads View (fator de emissão composto, considerando um valor médio único para a frota, sem distinção de leves e pesados) e AERMOD (massa total de poluentes emitidos por unidade de tempo), foram utilizados dados estatísticos de diversas naturezas e fontes, como descrito a seguir.

3.1. Determinação das condições de tráfego

Considerando que o Trecho Norte do Rodoanel ainda não se encontra em operação, não existem estatísticas de dados reais, nem mesmo previsões de tráfego hora a hora. Entretanto, o modelo CALRoads View, utilizado para a previsão das concentrações atmosféricas dos poluentes nos trechos em que a via corre em superfície, baseia-se em valores horários de tráfego e composição de frota.

Visando contornar esta dificuldade, foram utilizadas como base para as simulações dos trechos considerados homogêneos (entre trevos), as previsões para 2014 e 2024 do VDM (Volume Diário Médio) estimado para o trecho Norte do Rodoanel e respectivos trevos, utilizadas no projeto da via, fornecidas pela Assessoria de Planejamento da Secretaria de Transportes do Estado de São Paulo. A tabela 2 apresenta essas projeções do VDM.

Tabela 2 – Projeções de VDM – Rodoanel Norte

	Volumes diários médios nos trechos (2014)			Volumes diários médios nos trechos (2024)		
Segmento	**Auto**	**Comercial**	**TOTAL**	**Auto**	**Comercial**	**TOTAL**
Dutra - Cumbica	9.013	7.732	**16.745**	20.964	14.553	**35.517**
Cumbica – Fernão Dias	12.504	8.318	**20.822**	26.869	16.150	**43.019**

Fernão Dias – Inajar de Souza	27.296	16.694	**43.990**	51.249	27.666	**78.915**
Inajar de Souza – Raimundo Pereira de Magalhães	28.073	15.962	**44.035**	52.334	26.422	**78.756**

Para o movimento dos trevos foram utilizadas previsões do volume de tráfego das vias que cruzam o Rodoanel, bem como dos movimentos de acesso ao Rodoanel e às rodovias que o interceptam em cada sentido (tabela 3).

Tabela 3 – Projeções de VDM dos trevos – Rodoanel Norte

Interseção	Movimento (em relação ao Rodoanel)		2014		2024	
			Auto	Comercial	Auto	Comercial
Raimundo	saindo	PI - Capital	6.225	2.425	8.578	3.211
		PE - Capital	395	236	642	366
		PI - Interior	12.011	849	13.584	1.034
		PE - Interior	1.675	74	2.946	177
Raimundo	entrando	Capital - PE	7.151	2.467	9.752	3.248
		Capital - PI	829	245	1.247	427
		Interior _PE	12.478	904	14.595	1.188
		Interior _PI	1.287	109	2.472	174
Raimundo	eixo da via	Interior - Capital	1.659	128	1.970	164
		Capital - Interior	1.587	228	2.165	281
Norte - Oeste	mudança de trecho		11.953	7.349	23.149	12.625
Oeste - Norte	mudança de trecho		11.933	7.949	21.878	12.653
Inajar	saindo	PI - Capital	2.012	52	4.052	165
		PE - Capital	1.502	377	2.818	638
Inajar	entrando	Capital - PE	2.157	52	4.409	239
		Capital - PI	1.891	459	4.557	1.010
Inajar	eixo da via	Raimundo - Fernão Dias	12.037	8.253	21.545	13.089
		Fernão Dias - Raimundo	11.866	7.607	22.328	12.928
Fernão Dias	saindo	PI - Capital	5.867	1.608	11.244	2.583
		PE - Capital	512	18	1.916	71
		PI - Interior	2.786	3.786	4.447	5.291
		PE - Interior	940	715	1.844	1.648
Fernão Dias	entrando	Capital - PE	5.348	1.155	10.792	2.297
		Capital - PI	189	5	749	19
		Interior _PE	2.319	3.055	3.374	4.315
		Interior _PI	449	494	968	1.231
Fernão Dias	eixo da rodovia	Interior - Capital	21.875	9.898	26.212	12.161
		Capital - Interior	21.091	10.590	26.724	12.388
	eixo Rodoanel	Inajar - Hélio Smidt	5.275	3.317	10.410	6.227
		Hélio Smidt - Inajar	5.701	3.773	10.982	6.956
Hélio Smidt	saindo	PI - Capital	1.843	261	3.854	752
		PE - Capital	133	34	1.313	146
Hélio Smidt	entrando	Capital - PE	1.896	372	3.730	1.068
		Capital - PI	115	13	367	77
Hélio Smidt	eixo Rodoanel	Fernão Dias - Dutra	3.904	3.551	8.272	6.723
		Dutra - Fernão Dias	4.861	4.134	11.011	7.607
Dutra	saindo	PI - Capital	565	243	1.952	559
		PE - Capital	11.533	2.627	13.755	3.279
		PI - Interior	1.993	2.908	3.321	5.122
		PE - Interior	381	1.343	642	2.203
Dutra	entrando	Capital - PE	740	485	3.902	902
		Capital - PI	12.081	2.751	14.028	3.759
		Interior _PE	3.044	3.143	5.571	5.383
		Interior _PI	1.224	2.258	2.369	2.417
Dutra	eixo da rodovia	Interior - Capital	24.170	13.920	28.818	16.414
		Capital - Interior	19.681	13.304	23.636	15.743
Leste - Norte	mudança de trecho		1.210	539	2.851	1.468
Norte - Leste	mudança de trecho		1.461	412	3.366	1.120

Obs: PI = pista interna.
PE = pista externa.
Entrando e saindo referem-se aos veículos que entram no Rodoanel, provenientes do interior ou da Capital ou saem do Rodoanel com destino ao interior ou à Capital.

Cumpre ressaltar que o posicionamento e volume de tráfego do trevo de acesso ao Aeroporto Governador André Franco Montoro, em Guarulhos, não foram incluídos na modelagem de qualidade do ar, embora os dados de carregamento considerem esse acesso. Como o volume de tráfego que sai da pista do Rodoanel para acessar o aeroporto deverá ser equivalente ao volume que retorna do aeroporto, considerou-se o trecho onde for inserido o trevo como trecho homogêneo.

Adicionalmente, foram utilizados os volumes horários medidos em junho de 2010 no trecho Sul, já em operação, do Rodoanel, cuja variação horária foi assumida como representativa de todo o Rodoanel.

Com base nesses volumes de tráfego, foi estabelecido um perfil de distribuição horária do tráfego de veículos de passeio e comerciais ao longo do dia (tabela 4), o qual foi aplicado ao VDM de forma a estimar os volumes horários tanto para os trechos homogêneos quanto para os trevos.

Tabela 4 – Distribuição horária do VDM

Intervalo = 1 hora		Leves	Pesados
00:00	01:00	0,5%	1,3%
01:00	02:00	0,4%	0,8%
02:00	03:00	0,3%	0,8%
03:00	04:00	0,2%	0,7%
04:00	05:00	0,2%	0,9%
05:00	06:00	0,5%	2,6%
06:00	07:00	2,3%	6,0%
07:00	08:00	5,7%	7,9%
08:00	09:00	7,2%	6,5%
09:00	10:00	5,9%	4,8%
10:00	11:00	6,1%	6,3%
11:00	12:00	5,4%	6,0%
12:00	13:00	5,3%	5,7%
13:00	14:00	4,9%	5,3%
14:00	15:00	4,9%	6,0%
15:00	16:00	5,5%	6,2%
16:00	17:00	6,3%	6,8%
17:00	18:00	8,4%	8,2%
18:00	19:00	9,9%	6,6%
19:00	20:00	8,2%	4,2%
20:00	21:00	6,1%	2,3%
21:00	22:00	3,1%	1,6%
22:00	23:00	1,8%	1,5%
23:00	00:00	1,0%	1,1%

3.2. Determinação dos fatores de emissão

Os fatores de emissão adotados neste estudo são calculados através de software proprietário e desenvolvido pela EnvironMentality, a partir dos seguintes dados:

- fatores de emissão individuais determinados nos processos de certificação do PROCONVE para o licenciamento ambiental dos modelos de veículos novos, conduzido pelo IBAMA/CETESB;

- composição da frota prevista para o Rodoanel a cada hora;

- projeção dos parâmetros acima em função das séries históricas de produção e sucateamento de veículos nos últimos 50 anos, associadas aos futuros limites do PROCONVE.

A seguir são detalhados os critérios considerados para a determinação dos fatores de emissão da via:

- **Veículos leves e caminhonetes com motor do ciclo Otto:** foram utilizados os fatores de emissão médios de homologação dos veículos novos, medidos em g/km através de ensaios e ciclo padrão de condução segundo a Norma NBR-6601, ponderados pela produção para cada ano-modelo desde 1980 até 2008 e publicados pela CETESB, assim como a curva de quilometragem anual, também da CETESB. A curva de idade e composição da frota circulante de veículos leves, bem como o fator de deterioração de emissões são os desenvolvidos pela EnvironMentality, com base em dados estatísticos reais de campo, coletados por um equipamento de medição de emissões veiculares por sensoriamento remoto[3];
- **Motocicletas:** foram consideradas como veículos leves, pois a DERSA não as discrimina nos dados de volume de tráfego para as previsões de 2014 e 2024.
- **Veículos pesados e caminhonetes a diesel:** foram utilizados os fatores de emissão médios de homologação dos motores novos (medidos em g/kWh através de ensaios de motores em banco dinamométrico), publicados pela CETESB, convertidos para emissões dos veículos (em g/km) por meio de metodologia desenvolvida pela EnvironMentality[4] baseada no consumo de energia. A curva de idades da frota circulante de veículos pesados foi

[3] Branco, G. M. e Branco, F. C. (EnvironMentality) – "Inventário de Fontes Móveis: análise prospectiva e retrospectiva dos benefícios do PROCONVE para a qualidade do ar desde 1980 a 2030" – São Paulo, 2007, relatório e anexos entregues ao Ministério do Meio Ambiente em março de 2007 – no prelo.

[4] Branco, G. M. e Branco, F. C. (EnvironMentality) - Estimativa dos Fatores de Emissão de Veículos Pesados a partir dos Dados de seus Motores e do Consumo de Combustível – Anexo do Relatório de análise do impacto do rodoanel - trecho sul sobre a qualidade do ar – 2007.

calculada a partir das tabelas de frotas registradas, publicadas pelo Departamento Estadual de Trânsito de São Paulo (DETRAN-SP) para a RMSP em 2007. Para a quilometragem média anual foram adotadas as estatísticas da EMTU – Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos e SPTrans – São Paulo Transportes para ônibus urbanos, e da EnvironMentality para caminhões, calculadas com base em estatísticas de transportadoras e aferidas pelo balanço das demandas de combustíveis no Brasil e do Inventário Nacional de Fontes Móveis já mencionado. A distribuição dos veículos diesel nas categorias definidas pelo Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN) (Caminhões trator, Caminhões e Ônibus) foi obtida a partir de uma análise estatística sobre dados de pedágio do Sistema Anchieta-Imigrantes(2) no período de 01/01/2000 a 30/06/2001, tendo sido considerada como frota característica para o Rodoanel, por ser o dado mais consistente disponível e obtido em uma rodovia de alto movimento que cruza o Rodoanel.

De modo a avaliar a consistência dos dados de emissão dos veículos pesados e sua validade na aplicação às condições do Rodoanel, os fatores calculados para os ônibus foram comparados a ensaios com veículos testados em campo, segundo diversos ciclos de condução, os quais representam diferentes formas de utilização do veículo, com velocidades diferentes[5], validando o método de conversão dos fatores de emissão em g/kWh para g/km desenvolvido pela EnvironMentality. Essa validação do método e de seus resultados para os ônibus encoraja a aplicação do método também aos demais veículos do ciclo diesel, cujos fatores de emissão somente puderam ser obtidos pelo mesmo processo. Além disso, a utilização dos fatores de deterioração, de acordo com a normatização norte-americana (6), ajusta os fatores de emissão utilizados (baseados na emissão de

[5] Branco, G. M. e Branco, F. C. (EnvironMentality); Szwarc, A. (ADS) - Verificação da Eficiência de Sistemas Retrofit Johnson-Matthey em Ônibus Urbanos – Relatório apresentado à CETESB e EMTU em Abril de 2007.

[6] USEPA - Compilation of Emission Factors AP-42; http://www.epa.gov/otaq/ap42.htm, 2006.

motores novos) para a aplicação em uma frota circulante composta essencialmente por veículos usados.

Os fatores de deterioração da EPA são dados como acréscimos de emissão em gramas de poluente por quilômetro, para cada 10.000 km. Estes fatores foram convertidos para porcentual de acréscimo em função da quilometragem acumulada, aplicado sobre os fatores de emissão calculados pela EnvironMentality, considerando a idade limite de 20 anos como deterioração máxima do veículo. Para os efeitos deste trabalho, foi adotado o mesmo percentual de adulteração de 20% da frota (à semelhança do que ocorre com os veículos do ciclo Otto, evidenciada pelas medições por sensoriamento remoto), para os quais foi aplicada a deterioração máxima, independentemente da idade do veículo.

Assim, pode-se considerar que os fatores de emissão de veículos pesados utilizados neste trabalho são os mais representativos da frota brasileira expressos em g/km, tendo sido calculados para cada ano-modelo, e apresentam coerência com os poucos dados efetivamente medidos em campo no Brasil para esta classe de veículos.

Para as previsões de emissão dos modelos futuros, foram adotadas as mesmas margens de segurança verificadas em relação aos limites de emissão do PROCONVE e as médias certificadas, aplicadas aos limites previstos para as próximas fases do Programa, para cada classe de veículos considerada. Para a previsão da composição de frota foram utilizadas as mesmas curvas de distribuição de idades atual aplicada à frota futura total.

Compondo-se o banco de dados dos fatores de emissão para cada tipo de veículo e as combinações dos volumes de tráfego esperados de veículos leves e pesados, obtiveram-se os fatores médios de emissão “da rodovia” aplicáveis ao Trecho Norte do Rodoanel, que alimentaram os modelos de dispersão atmosférica, utilizados na previsão das concentrações ambientais de poluentes.

Uma vez obtidos os volumes horários de tráfego separados em veículos de passeio e comerciais, conforme exposto no item anterior, estes foram novamente

subdivididos nas cinco categorias do DENATRAN (veículo leve Otto, caminhonete Diesel, caminhão, caminhão-trator e ônibus) de modo a compatibilizar com as suas emissões características, com base nas estatísticas de frota e nas contagens de pedágio conforme comentado anteriormente.

Com base nos percentuais de cada tipo de veículo a cada hora e nos fatores de emissão médios de cada poluente, foram calculados os fatores de emissão médios de CO, HC, NO_x, particulados e SO_x por veículo*milha da via a cada hora, em todos os segmentos do Trecho Norte do Rodoanel. O produto destes fatores médios de emissão pelo volume horário de tráfego forneceu a estimativa das cargas poluidoras para cada poluente, emitidas pelo fluxo de veículos que trafegam em cada segmento da via e trevos nos horários de pico, valores utilizados como críticos em termos de emissão de cada poluente.

3.3. Determinação das condições meteorológicas

A determinação das condições meteorológicas para a análise de dispersão de poluentes, de uma forma geral, pode ser considerada como um dos pontos críticos a ser cuidadosamente estudado, pois tais condições são altamente dinâmicas e apresentam fortes correlações com fatores ligados ao meio físico (topografia, uso do solo, presença de corpos d'água etc.). Nesse sentido, o ideal é que se possa contar com séries históricas de dados colhidas em estações situadas nas imediações da área de estudo. No caso de uma rodovia, o ideal é que tais estações estejam situadas dentro da área de influência da via e distribuídas ao longo de todo o trecho estudado. Entretanto, essas condições ideais são raramente encontradas, sendo necessário lançar mão de alternativas que permitam suprir as deficiências de dados amostrais.

Outro aspecto de extrema importância é o fato de que observações muitas vezes refletem apenas condições muito localizadas, não permitindo a caracterização de uma região. Como um exemplo extremo deste problema, é fácil imaginar como seria o resultado de uma medida da direção do vento no interior de um túnel ou

mesmo em um corredor de prédios. Independente das condições atmosféricas e dos padrões climatológicos do escoamento nas vizinhanças desses locais, a predominância dos ventos certamente será coincidente com a direção da via (canalização). Numa situação não tão simples, o mesmo efeito pode ser verificado ao longo de ruas ou estradas ou relevos que formem corredores. Sendo assim, o uso de modelos atmosféricos que representem características mais homogêneas de uma região é ainda mais importante e adequado.

Visando contornar o problema de aquisição de dados meteorológicos e ao mesmo tempo, utilizar dados que apresentassem alto grau de confiabilidade para o trecho do Rodoanel em estudo, a equipe optou por utilizar, além dos dados medidos nas estações situadas nas proximidades (Aeroporto de Cumbica e Santana - CETESB), também dados modelados, obtidos a partir da aplicação do modelo Brazilian Regional Atmospheric Modeling System (BRAMS) especificamente para a RMSP, dos quais foram extraídas séries temporais em 20 pontos distribuídos ao longo de todo o trecho estudado. Dentre estes pontos, 6 foram selecionados como representativos dos principais segmentos do trecho Norte do Rodoanel, expostos na figura 1.

Em particular, a presença da Serra da Cantareira ao longo de todo o trecho Norte do Rodoanel pode influenciar significativamente as condições de dispersão de poluentes. Assim, de forma a avaliar a representatividade dos dados das estações meteorológicas presentes nas proximidades (Aeroporto de Cumbica e estação de monitoramento da CETESB - Santana) para este estudo, foram comparados os resultados das modelagens feitas com esses dados coletados e os simulados pelo modelo BRAMS em todo o trecho, os quais mostraram-se bastante compatíveis. Essa mesma metodologia foi anteriormente aplicada nos trechos Sul e Leste do Rodoanel, com resultados similares.

Estas estações foram escolhidas em função da disponibilidade de informações e também por estarem localizadas próximo aos extremos do trecho do Rodoanel em análise neste trabalho.

De forma a garantir que as simulações de dispersão de poluentes correspondam às situações mais críticas que possam ser encontradas quando da operação da via, o trabalho de modelagem foi duplicado, utilizando-se os dados reais e aqueles gerados pelo modelo BRAMS. Detalhamentos do modelo BRAMS, da metodologia utilizada para a modelagem e dos resultados simulados podem ser encontrados no Anexo – *Caracterização Meteorológica da Região Metropolitana de São Paulo: Análise Mensal e Condições de Dispersão Associada* – deste relatório.

Pode-se afirmar, desta forma, que dada a ausência de observações nas proximidades do trecho do Rodoanel em foco neste estudo, a utilização de séries fornecidas pelo modelo meteorológico BRAMS consiste em uma representação suficientemente realista das condições meteorológicas reinantes. Por outro lado, a pequena variabilidade encontrada entre os dados do BRAMS nos diferentes pontos simulados e a sua coerência com os dados reais permite supor que a extrapolação dos dados das duas estações consideradas para as proximidades da pista não introduz erros significativos na análise, justificando a utilização de ambas as bases de dados para a seleção das situações mais críticas.

No intuito de apresentar uma avaliação bastante objetiva dos resultados fornecidos pelo modelo meteorológico BRAMS, foram elaboradas as rosas dos ventos observadas e modeladas referentes às localidades modeladas, as quais são apresentadas na figura 1.

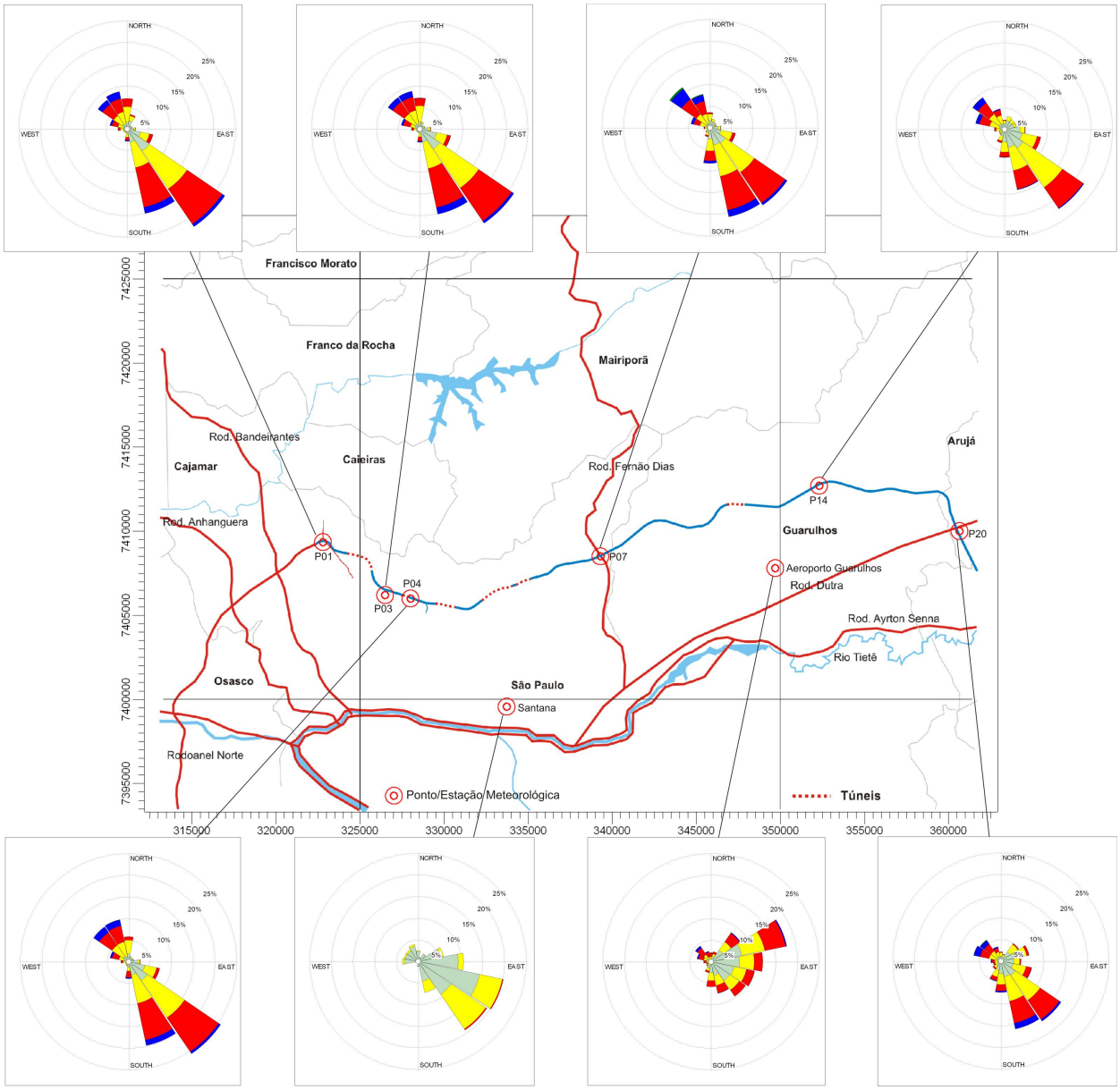


Figura 1 – Localização e rosa dos ventos nos pontos modelados e nas estações meteorológicas utilizadas

Adicionalmente, as contribuições de poluentes foram calculadas também através do modelo CALINE 4, especialmente para NO_2, devido à capacidade deste modelo em simular as reações fotoquímicas que ocorrem na atmosfera. Este modelo, diferentemente do CAL3QHCR, não considera os dados de meteorologia reais ou os simulados pelo BRAMS, de modo que essa modelagem foi efetuada

apenas com a situação mais crítica de estabilidade atmosférica (classe de estabilidade G e velocidade do vento de 1 m/s), cuja ocorrência é eventual e a persistência ao longo de vários dias é muito pouco provável. Este tipo de situação pode ocorrer em períodos de inverno, sob o domínio de um sistema de anticiclone, o qual desvia a entrada de frentes frias em direção ao oceano, principalmente durante as primeiras horas da manhã, não coincidindo com o pico de tráfego matinal, que tem seu ápice tipicamente às 08:00 h. Entretanto, como nessas condições atmosféricas não há a ocorrência de nuvens, o aquecimento diferencial de áreas com e sem vegetação e o próprio efeito de ilha de calor induz à geração de ventos, aumentando a dispersão e reduzindo as concentrações, de modo que os picos mencionados não persistem ao longo das 24 h. Os modelos de simulação das contribuições às concentrações atmosféricas de poluentes serão detalhados no próximo item.

3.4. Modelos de dispersão atmosférica

O entendimento de como e em quanto uma fonte de emissão de poluentes pode afetar a qualidade do ar de uma região é um desafio freqüente para os profissionais que trabalham com o tema. Estimar a magnitude dos impactos na qualidade do ar devido à emissão de poluentes é uma ciência que envolve uma série de incertezas e imprecisões, motivo pelo qual junto com o seu desenvolvimento é necessário todo um grupo de especialistas que possam fazer a interpretação correta dos resultados. Nos casos onde as fontes de poluição serão instaladas, ou quando as mesmas ainda não existem (como é o caso de fontes móveis em um projeto de rodovia), o modelo de dispersão é considerado pelas principais agências ambientais do mundo como a ferramenta mais adequada para se caracterizar, a relação entre as emissões dos poluentes primários e a qualidade do ar.

Os estudos pioneiros no campo da dispersão de poluentes atmosféricos regulamentados foram inicialmente desenvolvidos para as chamadas fontes pontuais, as chaminés de indústrias, depois destas para as fontes área, como as de

emissões de queimadas e, finalmente, para as fontes linha, caso das emissões geradas pelas fontes móveis, como as vias de trânsito intenso.

Para a modelagem da dispersão dos poluentes nos desemboques de túneis, considerou-se que, uma vez que os túneis não possuirão chaminés para a saída dos poluentes e que cada sentido da via é isolado em um túnel próprio, com ventilação forçada no sentido do fluxo tanto pelos ventiladores a serem instalados no seu interior quanto pelo efeito de êmbolo dos próprios veículos em movimento, pode-se assumir que todos os poluentes emitidos no interior de um túnel deverão sair pelo seu desemboque continuamente. Assim, optou-se por considerar o desemboque de cada túnel como sendo uma fonte fixa, cuja emissão de cada poluente é proporcional ao volume e composição da frota existente no seu interior, variando a cada hora.

A modelagem da concentração dos diversos poluentes nas imediações dos desemboques dos túneis, portanto, não poderia ser feita pelo modelo CALINE, de modo que o modelo utilizado foi o AERMOD-View, da Lakes, na sua versão 6.6.0, por ser um software já consagrado nacionalmente para a modelagem de fontes fixas.

Como parâmetros de modelagem, foram consideradas as emissões dos veículos nas saídas dos túneis (sentido de fluxo) como fontes-volumes de 100 metros de comprimento, conforme assumido pelo órgão ambiental de Hong Kong (Kowloon Development Office, Territory Development Department - Agreement No. CE32/99), principal referência legal encontrada na literatura internacional, a qual é tecnicamente compatível com trabalhos especializados feitos na área, como por exemplo o relatório “Air Quality Impact Assessment”, do Vic Park Tunnel Project, Auckland, New Zealand, elaborado em 2006.

Adicionalmente foram consideradas as emissões dos veículos nas entradas e saídas dos túneis como fontes linhas.

Os dados meteorológicos utilizados foram séries históricas de 2005 a 2009 do Aeroporto de Guarulhos e da estação da CETESB de Santana, e a topografia foi modelada com a opção de terreno complexo.

As contribuições de NO_2 foram determinadas utilizando o método PVMRM (Plume Volume Molar Ratio Method), que faz parte da opção de modelagem de NO_x no AERMOD, consistindo na aplicação de algoritmos para conversão de NO_x para NO_2. Para simulação foram utilizados NO_2/NO_x – 0,90 (guideline), In-Stack NO_2/NO_x Ratio – 0,075 (referencia Hong Kong Environmental Protection Department) e Ozone Value – 42,7 ppb, conforme as médias das concentrações horárias máximas das estações de monitoramento da CETESB.

Para os trechos em que a via não é confinada por túneis, a modelagem foi baseada nas diretrizes desenvolvidas pela US-EPA (United States Environmental Protection Agency) para os estudos de dispersão de poluentes atmosféricos, apresentadas no 40 CFR (Code of Federal Regulations), Apêndice W da Parte 51, intitulado “Guidelines on Air Quality Models“ (Diretrizes sobre Modelos de Qualidade do Ar), onde estão recomendados os modelos da série CALINE (California Line Source Dispersion Model) e CAL3QHCR, na Seção 3. Estes modelos utilizam os algoritmos similares aos dos modelos de dispersão gaussianos e o conceito de zona de mistura (largura da pista acrescida de área de turbulência ao lado da pista) onde há uma dispersão induzida pelo tráfego, como já observado em medições realizadas na Rodovia dos Imigrantes em 2001.

O modelo CALINE4 (versão atualizada do modelo CALINE3) divide a rodovia em pequenos trechos elementares, que são transformados em fontes emissoras, onde cada elemento é modelado como uma fonte linha finita equivalente e posicionada na direção normal em relação ao vento (“Discrete Parcel Method”). A dispersão a jusante deste elemento é gaussiana e a contribuição de cada trecho elementar na qualidade do ar de um receptor específico é somada com a dos outros elementos, obtendo-se o impacto total.

A Figura 2 mostra o esquema de trechos elementares e a estrutura de distâncias relativas do receptor em função da direção do vento e da rodovia.

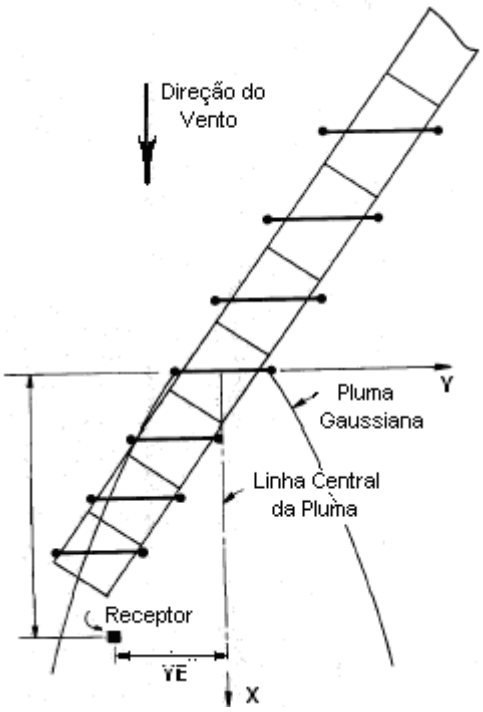


Figura 2 – Esquema de Trechos Elementares do CALINE4 e CAL3QHCR

Zona de Mistura

Os modelos CALINE4 e CAL3QHCR consideram a região imediatamente acima da rodovia como uma zona de emissão e turbulência uniformes, que denominamos zona de mistura. Esta é definida como a região acima do leito da via de tráfego, acrescida de 3 metros em cada lado da pista. A largura adicional é devida à dispersão horizontal inicial que é provocada pelos veículos em movimento. (figura 3)

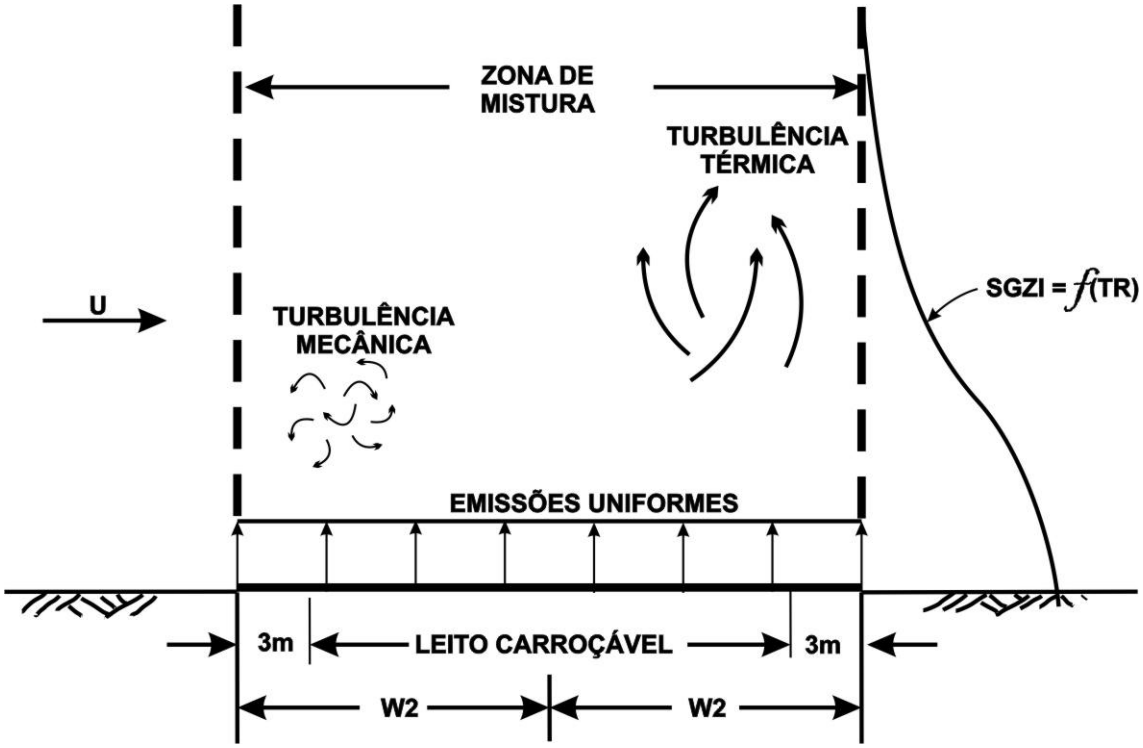


Figura 3 – Zona de Mistura

Na zona de mistura, a turbulência mecânica criada devido ao movimento de veículos e à turbulência térmica devido aos gases quentes de exaustão provenientes dos escapamentos dos veículos são assumidos como sendo os mecanismos de dispersão dominantes. Evidências indicam que isto é válido sempre, exceto para condições atmosféricas instáveis, situação que favorece a dispersão dos poluentes.

As emissões veiculares são lançadas para a atmosfera e rapidamente dispersas. A maior dispersão inicial ocorre através da turbulência gerada pela passagem de outros veículos. Esta condição de lançamento ativo de gases difere significativamente do lançamento passivo que é assumido pela metodologia padrão de dispersão gaussiana, que ocorre a partir dos limites da pista de rolamento. Para se ajustar a isso, o CALINE4 modela o parâmetro de dispersão vertical inicial (SGZI) como uma função do tempo de residência (TR) dos poluentes dentro da zona de mistura.

Vários estudos indicaram uma correlação entre a velocidade do vento e a dispersão vertical inicial e todos concluíram que quanto menor a velocidade do vento maior será a dispersão vertical inicial. O CALINE4 assume que quanto mais longa a permanência da parcela de ar na zona de mistura turbulenta, maior será a intensidade da dispersão vertical inicial que essa parcela será submetida. Assim, o tempo de residência pode ser diretamente definido em termos de velocidade média do vento.

Parâmetro de Dispersão Vertical, σ_z

O CALINE4 utiliza uma versão modificada das curvas de dispersão de Pasquill-Smith (P-S), para descrever o parâmetro de dispersão vertical Gaussiano, σ_z, em pontos receptores a jusante da rodovia. Esta versão modificada inclui, entre outros, os efeitos térmicos da emissão veicular, cujas curvas são construídas utilizando parâmetros da dispersão vertical inicial (zona de mistura), SGZI (figura 3, acima) valores de σ_z a distâncias recomendadas por Pasquill.

Parâmetro de Dispersão Horizontal, σ_y

O CALINE4 utiliza o método desenvolvido por Draxler para calcular os valores do parâmetro de dispersão horizontal Gaussiano, σ_y, que são fórmulas matemáticas complexas levando em conta parâmetros tais como, tempo de difusão dos gases, ângulo em radianos do vetor que representa o vento no eixo da componente horizontal, etc.

Após descrição sucinta dos principais parâmetros que norteiam a teoria de dispersão atmosférica e conhecendo as emissões médias da frota circulante, a meteorologia e a característica de ocupação do local, pode-se afirmar que o propósito destes modelos é estimar impactos na qualidade do ar no entorno de rodovias, cobrindo uma faixa de até 500 metros. Experiências têm demonstrado que

formas mais complexas são desnecessárias, pois as incertezas inerentes às magnitudes das emissões são maiores.

O modelo CALRoadsView da Lakes

Os modelos de dispersão CALINE4 e CAL3QHCR fazem parte do software CALRoadsView da Lakes Environmental Software Inc..

O modelo CALINE4 é normalmente utilizado como "screening", para determinar as condições e cenários "mais criticos" para dispersão de poluentes em análises preliminares. O modelo pode estimar as contribuições de monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrogênio (NO_2), gases inertes e material particulado (MP) somente para períodos curtos (1 hora), não necessitando de dados meteorológicos de estações próximas e dados mais acurados.

O CALINE4 também pode simular as contribuições de dióxido de nitrogênio (NO_2) utilizando as equações de equilíbrio de NO, NO_2, O_2 e O_3, associadas ao método de "Discrete Parcel Methods". Para tanto o modelo solicita as informações de concentrações iniciais de NO, NO_2, e O_3 e taxa de conversão de NO_2.

O CAL3QHCR é a versão refinada do modelo CAL3, que permite processar até um ano de dados meteorológicos reais e necessita de dados meteorológicos no formato do modelo ISC3 (USEPA). O modelo pode estimar as contribuições de monóxido de carbono (CO) para períodos de 1 e 8 horas, e material particulado (MP) para períodos de 24 horas e anual, enquanto que o CALINE4 apresenta apenas as situações pontuais estabelecidas por hipótese para "screening". Na modelagem efetuada, a hipótese de "screening" considerada foi a de pior condição de dispersão, com classe de estabilidade G e ventos de 1 m/s, de ocorrência pouco freqüente na região e persistência improvável, principalmente sobre uma rodovia, onde o próprio tráfego induz à geração de ventos superficiais sobre a via, promovendo a dispersão e diluição dos poluentes.

No presente estudo, a determinação das contribuições das emissões veiculares na qualidade do ar nas áreas próximas das rodovias foi conduzida

utilizando-se o CALINE4 e o CAL3QHCR que fazem parte do software CALRoadsView. Os resultados desta modelagem encontram-se no Volume II.

Nas apresentações gráficas da modelagem, as curvas de isovalores indicam a formação de elipses de concentração mais alta ao longo de trechos homogêneos tanto em termos do fluxo de veículos quanto de topografia ou meteorologia. Esta é uma característica intrínseca ao modelo, que calcula a emissão para cada vetor que compõe o traçado da via em separado, dando a falsa impressão de que a concentração entre dois vetores vizinhos é menor que no centro de cada um. Tal distorção, entretanto, está ligada apenas à forma de apresentação, uma vez que os valores máximos, que devem ser considerados na avaliação do impacto da via, são corretamente calculados. As linhas de isovalores, na verdade, deveriam ser as envoltórias desses conjuntos de elipses, que assumiriam um comportamento paralelo aos trechos homogêneos da via.

4. Discussão dos Resultados

A avaliação dos cenários estudados indicou que, no geral, a situação para o ano 2014 é mais severa do que a prevista para 2024. Isto se deve à tendência de redução das emissões veiculares em geral, ditadas pelo Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE, as quais na grande maioria dos casos compensam, com vantagem, o crescimento esperado do tráfego.

Apenas pontualmente, devido a variações na composição da frota (relação entre veículos de passeio e comerciais) as concentrações de CO e HC sobre a pista estimadas para o ano de 2014 foram pouco inferiores às estimadas para 2024, mas sempre em valores muito baixos, não representando nenhum problema ou tendência significativa a crescimentos futuros, pois o perfil da frota em 2024 já deverá ter se estabilizado.

Os resultados encontrados para o ano de 2014, detalhados nos anexos, indicaram ultrapassagens dos padrões para NO_2 e, no trecho 6, também para material particulado, conforme mostra a tabela a seguir onde são apresentados os

máximos valores calculados para cada trecho pela condição mais crítica de modelagem.

Tabela 5 - Valores máximos de concentração calculados para 2014 sobre a pista**

Poluente	PQAR*	Concentração - trechos					
		1	2	3	4	5	6
CO – 1 hora (ppm)	34,9	3,6	2,8	2,8	5,0	1,8	6,8
CO – 8 horas (ppm)	8,7	1,3	1,2	1,2	2,1	0,5	3,4
NO_2 – 1 hora (ppm)	0,17	0,35	0,22	0,23	0,32	0,27	0,41
MP – 24 horas ($\mu g/m^3$)	150	47,5	43,6	51,7	84,1	18,9	104,4
MP – média anual ($\mu g/m^3$)	50	26,9	28,6	30,2	34,5	8,7	57,3
SO_2 – 24 horas ($\mu g/m^3$)	365	41,9	38,4	45,6	76,6	17,6	96,2
SO_2 – média anual ($\mu g/m^3$)	80	23,7	25,2	26,7	31,5	8,84	52,8
HC – 1 hora (ppm-hexano)	-	0,3	0,2	0,2	0,4	0,1	0,5

(*) PQAR – Padrão de Qualidade do Ar

(**) Pista= faixas de rolamento + 3 metros de cada lado (zona de mistura)

É importante ressaltar que o único local onde a modelagem indica o aparecimento de HC é no cruzamento do Rodoanel com a Via Dutra. Como não há padrão de qualidade do ar para HC, observa-se que as concentrações previstas são inferiores às 2ªs máximas anuais medidas no Parque D.Pedro II no período de 1996 a 2004, na cidade do São Paulo, que é um local urbano típico da influência do tráfego intenso de veículos.

Tais ultrapassagens, entretanto, ocorrem sempre dentro da área de domínio da via, onde as pessoas expostas (usuários da via) não permanecem por mais de

alguns segundos no local, não representando problemas em relação à saúde da população lindeira, como pode ser verificado nos anexos III e IV.

Na modelagem feita para o ano de 2024 os valores máximos encontrados são inferiores aos da modelagem de 2014 em quase todos os casos. Para 2024 já não ocorrem violações do padrão de material particulado e as ultrapassagend do padrão para NO2 são menos significativas e sempre restritas à área de domínio da via (tabela 6).

Tabela 6 - Valores máximos de concentração calculados para 2024 sobre a pista**

Poluente	PQAR*	Concentração - trechos					
		1	2	3	4	5	6
CO – 1 hora (ppm)	34,9	2,8	2,5	2,5	3,6	1,9	4,7
CO – 8 horas (ppm)	8,7	1,26	1,12	1,19	1,5	0,64	2,37
NO_2 – 1 hora (ppm)	0,17	0,29	0,18	0,19	0,23	0,23	0,28
MP – 24 horas ($\mu g/m^3$)	150	26,3	24,1	28,7	34	11,8	39,9
MP – média anual ($\mu g/m^3$)	50	14	15,8	16,8	13,9	6	21,9
SO_2 – 24 horas ($\mu g/m^3$)	365	12,2	11,1	13,4	16,9	6,2	21,3
SO_2 – média anual ($\mu g/m^3$)	80	6,5	7,3	7,8	6,9	3,2	11,7
HC – 1 hora (ppm-hexano)	-	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,4

(*) PQAR – Padrão de Qualidade do Ar

(**) Pista= faixas de rolamento + 3 metros de cada lado (zona de mistura)

Como mencionado anteriormente, a modelagem de NO_2 foi feita apenas com o modelo CALINE4, para as condições mais críticas de estabilidade atmosférica (classe de estabilidade G e velocidade do vento de 1 m/s), por ser o modelo que

considera as reações fotoquímicas. Estas previsões não ocorrem durante todo o ano e são, portanto, ocorrências eventuais, dificilmente reincidentes por vários dias e que, mesmo quando reincidem, ocorrem apenas durante o início da manhã (5:00 h às 6:00 h), desfazendo-se após algumas horas. Particularmente, em se tratando de uma rodovia, essa alta estabilidade não ocorre conjuntamente com um alto fluxo de veículos, pois o próprio tráfego induz à geração de ventos superficiais sobre a via e o aquecimento do ar pelos motores induz a circulação vertical, sempre promovendo a dispersão e diluição dos poluentes gerados pelo tráfego de veículos.

Considerando que as ultrapassagens previstas decorrem da aplicação de modelos matemáticos que consideram a coincidência de situações extremas (worst case), que são muito pouco prováveis, recomenda-se a realização de campanhas de monitoramento após o início de operação para verificar estas hipóteses.

No tocante à possibilidade de degradação da vegetação na região de reserva natural da Serra da Cantareira próxima à rodovia, o principal poluente a ser considerado é o dióxido de enxofre, cujas concentrações devem ser comparadas com o padrão secundário de qualidade do ar, mais restritivo que o primário, apresentado na tabela. No caso deste poluente, os padrões secundários correspondem à concentração média de 24 horas de 100 $\mu g/m^3$ e à concentração média aritmética anual de 40 $\mu g/m^3$. Pode-se verificar na tabela acima que apenas no trecho 6 o padrão secundário para média anual é ultrapassado sobre a pista, mas este trecho compreende o entroncamento com a Rodovia Presidente Dutra, situada em área urbanizada, de forma que se pode afirmar que as emissões provenientes do Rodoanel não representam risco direto à vegetação da Reserva.

5. Monitoramento de qualidade do ar

Em função dos resultados da modelagem, recomenda-se a realização de monitoramento da qualidade do ar após o início de operação da via para confirmação destas previsões, o qual poderá ser desenvolvido em três etapas, a saber:

- Campanhas de monitoramento móvel de material particulado, com equipamentos portáteis ao longo de todo o Rodoanel, para confirmar as previsões deste estudo, inclusive as localizações dos pontos que apresentem maior concentração dos poluentes oriundos de veículos pesados (MP e NO_x);
- Com base nos resultados deste estudo e das campanhas de monitoramento móvel, caso venha a se mostrar necessário, determinar os melhores locais para a instalação de uma estação de monitoramento fixa para avaliação contínua da qualidade do ar, considerando os poluentes NO_x e MP, pelo menos;
- Após a instalação da estação fixa, proceder ao acompanhamento das suas medições, associado a novas campanhas de monitoramento móvel, que servirão de referência para a avaliação de toda a via.

6. Conclusões e recomendações

A metodologia de análise definida pela CETESB se mostrou apropriada para a análise requerida, com resultados coerentes entre si e com experiências e medições realizadas em diversas vias de tráfego brasileiras.

A análise dos pontos mais críticos para previsões de cenários em épocas diferentes também indica que a tendência futura é de redução do impacto inicial, como resultado da atualização tecnológica da frota brasileira de veículos promovida pelo Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE.

Constatou-se que o CO e o HC são os únicos poluentes que podem, pontualmente, apresentar aumento das concentrações com o crescimento esperado do tráfego e alteração da relação entre veículos leves e pesados no período de 2014 a 2024. Tais aumentos, entretanto, não devem representar uma tendência de crescimento futuro, posto que a proporção de veículos leves e pesados tende a se estabilizar e com a redução esperada dos fatores de emissão devida à renovação da frota, a tendência futura segue sendo decrescente.

Dentre os trechos estudados, que representam todo o Trecho Norte do Rodoanel, verificou-se que as concentrações de dióxido de nitrogênio ultrapassam o PQAr, em eventos esporádicos de curta persistência, sempre dentro dos limites da faixa de domínio da rodovia, onde a população exposta não permanece por tempo prolongado. Outra ultrapassagem observada foi a de material particulado, mas apenas no cruzamento com a Rodovia Presidente Dutra, ultrapassagem esta também restrita à faixa de domínio das rodovias. O fato de o NO_2 despontar como o principal poluente, seguido do MP, indica que os veículos pesados a diesel são a principal fonte de emissão atmosférica do Rodoanel, o que confirma a necessidade de intensificação do controle de emissão, principalmente de NO_x, nesta classe de veículos.

A preocupação do estudo é focada principalmente nos efeitos dos poluentes emitidos sobre as populações e áreas vegetadas lindeiras à rodovia. Nesse sentido, pode-se afirmar que as violações de padrão constatadas de NOx não representam qualquer risco, pois as concentrações caem muito rapidamente com a distância da via, de forma que nas áreas vizinhas à faixa de domínio já não deverão ocorrer ultrapassagens do padrão.

Por outro lado, o NOx é um dos elementos precursores de ozônio, cuja concentração pode potencialmente provocar problemas respiratórios e danos à vegetação. Entretanto, a formação de ozônio na atmosfera é um fenômeno regional, para o qual contribui a emissão de NOx e de hidrocarbonetos de toda a região em questão, no caso, a RMSP. Neste caso, deve-se considerar que a emissão pela qual o Rodoanel é responsável é desprezível frente às emissões de toda a RMSP. Mais importante que isso, é o fato de que o veículo que utilizar uma via alternativa ao Rodoanel estará transitando com velocidade inadequada (pela Marginal Tietê, por exemplo) e, portanto, emitindo uma quantidade significativamente maior de NOx em outras vias e contribuindo mais para o efeito regional de formação de ozônio.

Foi verificado, ainda, que a geração de poluentes devida à operação do Rodoanel não deverá ter influência significativa sobre a vegetação natural da Serra da Cantareira.

Portanto, recomenda-se que a construção do Trecho Norte do Rodoanel seja aprovada pelos órgãos ambientais, de acordo com as características propostas, as quais se mostraram adequadas de acordo com a modelagem em geral. No entanto, deve ser prevista uma campanha de monitoramento da qualidade do ar após o início da operação, segundo a metodologia discutida e proposta em estudos anteriores relativos aos Trechos Sul e Leste, para confirmar as previsões obtidas neste estudo.

Complementarmente, recomenda-se a implantação de programas de gestão operacional que visem a fluidez do tráfego e a regulagem periódica adequada dos motores, ambas resultantes em redução da emissão de poluentes e em economia de combustível.

BIBLIOGRAFIA

1. Walko, R. L., Tremback, C. J., Panetta, J., Freitas, S. R., Fazenda, A. L., Freitas, E. D., Enari, E. BRAMS version 4.0. Model input namelist parameters. Março 2007. Disponível on line em www.cptec.inpe.br/brams

2. Branco, G. M. e Branco, F. C. (EnvironMentality); Gatti, L.V. (IPEN); Artaxo Neto, P.E. (Instituto de Física USP); Murgel, E.; Martins, A. (Ecovias) - Impacto do Sistema Anchieta-Imigrantes sobre a Qualidade do Ar e modelagem estatística para a intervenção e gerenciamento de sua operação – Congresso ABCR – Gramado - RS - novembro/2003.

3. Branco, G. M. e Branco, F. C. (EnvironMentality) – "Inventário de Fontes Móveis: análise prospectiva e retrospectiva dos benefícios do PROCONVE para a qualidade do ar desde 1980 a 2030" – São Paulo, 2007, relatório e anexos entregues ao Ministério do Meio Ambiente em março de 2007 – no prelo.

4. Branco, G. M. e Branco, F. C. (EnvironMentality) - Estimativa dos Fatores de Emissão de Veículos Pesados a partir dos Dados de seus Motores e do Consumo de Combustível – Anexo do Relatório de análise do impacto do rodoanel - trecho sul sobre a qualidade do ar – 2007.

5. Branco, G. M. e Branco, F. C. (EnvironMentality); Szwarc, A. (ADS) - Verificação da Eficiência de Sistemas Retrofit Johnson-Matthey em Ônibus Urbanos – Relatório apresentado à CETESB e EMTU em Abril de 2007

6. USEPA - Compilation of Emission Factors AP-42; http://www.epa.gov/otaq/ap42.htm, 2006.

7. Murgel, E.et allii - Relatório de análise do impacto do rodoanel - trecho sul sobre a qualidade do ar – 2007

8. Branco, G.M. e Branco F.C. - Medições de Qualidade do Ar no Rodoanel – Relatório para a DERSA – 2007

ANEXO I

Caracterização da Região Metropolitana de São Paulo e Condições de Dispersão Associadas

1. Introdução

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) constitui o maior pólo industrial da América Latina. É constituída por 39 municípios e ocupa uma área de aproximadamente 8.000 km^2. Além da grande quantidade de indústrias, possui um grande número de veículos particulares e coletivos que, ao contrário de outros grandes pólos industriais, respondem pela maior parte da poluição atmosférica produzida. Segundo a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), cerca de 70% das concentrações de Monóxido de Carbono (CO) na RMSP são emitidas por veículos leves movidos a gasolina e álcool e por motocicletas. O grande número de veículos que circulam nessa região (cerca de oito milhões), principalmente durante os dias de semana, provoca grandes engarrafamentos nas primeiras horas da manhã e final da tarde, horários que geralmente coincidem com uma baixa altura da Camada Limite Planetária (CLP), fazendo com que as concentrações atinjam valores que, com relativa freqüência, ultrapassam os Padrões Nacionais de Qualidade do Ar (PNQA).

A RMSP é circundada por florestas, grandes represas, montanhas e constitui uma enorme ilha de calor associada à malha urbana. A grande diversidade das fontes de poluição somada a uma dinâmica extremamente complexa da circulação local, face ao tipo de topografia, a grande heterogeneidade no uso do solo e a proximidade do mar, torna a representação desses processos, pelos modelos de previsão e diagnóstico do tempo, bastante complexa.

Dentre os fenômenos de escala local que ocorrem na RMSP e nas suas vizinhanças podem-se citar as circulações de brisa marítima/lacustre/terrestre, circulações vale/montanha e as circulações induzidas pelos diferentes tipos de ocupação do solo da região, tais como as circulações geradas pela presença da grande área urbanizada como um efeito da chamada *Ilha de Calor Urbana*. Essas circulações serão brevemente discutidas a seguir.

2. As circulações de brisa

As brisas são principalmente originadas pela diferença na capacidade térmica entre a terra e a água. A água tem uma capacidade térmica maior do que a terra e, em conseqüência disso, quando exposta a uma mesma intensidade de radiação solar, a superfície de terra aquece mais rapidamente do que a superfície de água. A terra relativamente quente aquece o ar nas suas vizinhanças diminuindo sua densidade. Comparada com a terra, a água é relativamente fria, assim como o ar nas suas vizinhanças. Conseqüentemente, um gradiente de pressão horizontal se desenvolve entre a terra e a água, com a pressão mais alta sobre a superfície de água. Em resposta a este gradiente de pressão, o ar frio se desloca para a terra e, por continuidade, surge um deslocamento de ar da terra para a água em níveis mais altos, com o ar ascendente sobre a terra e descendente sobre a água. Dependendo da fonte, a circulação é chamada de circulação de brisa marítima (do mar) ou lacustre (dos lagos). Ambas resultam do contraste de temperatura entre terra e água.

Brisas marítimas ou lacustres são sistemas rasos (baixos níveis atmosféricos), geralmente confinados nas primeiras camadas da troposfera (<< 10 km). Tipicamente, a brisa começa próximo à linha de costa várias horas depois do nascer do sol e se expande gradualmente, tanto sobre a terra quanto sobre a água, atingindo sua máxima extensão no meio da tarde. Sobre a terra, a extensão da brisa varia de poucas centenas de metros a muitas dezenas de quilômetros ou mesmo centenas, em casos extremos.

Depois do pôr do sol, as brisas marítimas/lacustres desaparecem até que, no final da noite, os ventos em superfície comecem a desenvolver a chamada brisa terrestre com uma inversão em sua direção.

A mudança na direção do vento é causada pela reversão do calor diferencial entre a terra e a água. Durante a noite, o resfriamento radiativo é maior sobre a terra que sobre a água. Um gradiente horizontal na densidade do ar aumenta o gradiente horizontal de pressão que está dirigido da terra para a água, dando origem à brisa terrestre, com ar subsidente sobre a terra e ascendente sobre a água. A brisa terrestre atinge sua extensão máxima pouco antes do nascer do sol, mas tende a ser mais fraca que a brisa marítima ou lacustre (ATKINSON, 1981).

Embora alguns estudos sobre a brisa marítima tenham sido realizados para o estado de São Paulo (OLIVEIRA & SILVA DIAS, 1982, BERNADET, 1992, FREITAS, 2003, FREITAS *et al*., 2007), estudos sobre a brisa lacustre estão concentrados, em sua grande maioria, na região dos Grandes Lagos nos EUA. Dentre os estudos sobre a brisa lacustre realizados no Brasil, podemos citar os trabalhos de STIVARI (1999), CORREIA (2001) e FREITAS (2003). STIVARI (1999) estudou o impacto causado pela formação do Lago de Itaipu sobre a circulação local na região oeste do Estado do Paraná. Identificou que a brisa lacustre apresenta uma intensidade de aproximadamente 2,5 m/s e é observada a 20 km do reservatório. CORREIA (2001), em seus estudos sobre a Represa de Sobradinho, verificou que as maiores alterações causadas pelo lago são sobre a umidade atmosférica e a intensidade do vento, mas também verificou que a construção da represa causou uma queda nos valores de temperatura máxima na área atingida pela brisa lacustre. Ressalta ainda que a intensidade da brisa lacustre é altamente dependente da configuração das margens e uso do solo nas áreas circundantes. FREITAS (2003) estudou os efeitos causados pela brisa lacustre gerada pelas represas Billings e Guarapiranga, localizadas ao sul da RMSP. Segundo o autor, as represas contribuem para uma diminuição de até 1 ºC na temperatura e aumento significativo na umidade do ar, principalmente nas regiões próximas às mesmas, havendo uma menor influência em grande parte da área urbanizada da RMSP. Identificou também padrões de circulação fechada nas margens das represas, importantes para o processo de dispersão de poluentes.

3. A Ilha de Calor Urbana

Outro efeito relacionado a contrastes de temperatura e fundamental na Região Metropolitana de São Paulo é a chamada ilha de calor urbana. A temperatura média anual em um centro urbano é tipicamente mais alta que a de suas redondezas. Em alguns dias esse contraste pode atingir cerca de 5º C ou mais. O contraste de temperatura forma uma complexa circulação convectiva que contribui para altos níveis de concentração de poluentes sobre as grandes cidades.

Uma ilha de calor urbana se desenvolve, na maior parte das vezes, quando ventos de escala sinótica são fracos. Nessas condições, em algumas grandes áreas metropolitanas o aquecimento relativo da cidade, comparado com seus arredores, pode promover uma circulação convectiva do ar: ar relativamente quente sobe sobre o centro da cidade e é trocado por ar mais frio e mais denso, convergente das zonas rurais.

A intensidade da ilha de calor é altamente influenciada pela condição sinótica atuante. Os maiores gradientes de temperatura encontrados entre a área urbana de São Paulo e as áreas rurais podem atingir valores superiores à 4º C no período de inverno, sendo os maiores gradientes térmicos verificados no período noturno (FREITAS, 2003).

Um aspecto de grande importância para a dispersão de poluentes e para as condições de tempo e, principalmente, para as condições de vida na RMSP e outros grandes centros urbanos é que as circulações locais anteriormente citadas não atuam isoladamente. Na maioria dos casos existe uma interação complexa entre estas que pode propiciar tanto condições ideais de salubridade quanto condições críticas. O aprisionamento de ar poluído pela circulação de ilha de calor, ou das células convectivas associadas à brisa lacustre, pode contribuir para a ocorrência de ultrapassagens dos padrões nacionais de qualidade do ar. Por outro lado, a interação dessas circulações com a brisa marítima, principalmente durante o período de inverno em que outros sistemas de tempo comumente efetivos na remoção de poluentes são menos ativos, pode contribuir para melhores condições de qualidade do ar na região. Para verificar como se dá a interação entre a ilha de calor urbana e a brisa marítima, FREITAS (2003) e FREITAS *et al*. (2007) realizaram simulações com o modelo de mesoescala RAMS, acoplado a um módulo de balanço energético em áreas urbanas e o esquema TEB (*Town Energy Budget*, MASSON, 2000), utilizando arquivos de topografia e ocupação do solo em alta resolução espacial (aproximadamente 500 m), como ilustrado na Figura 1.

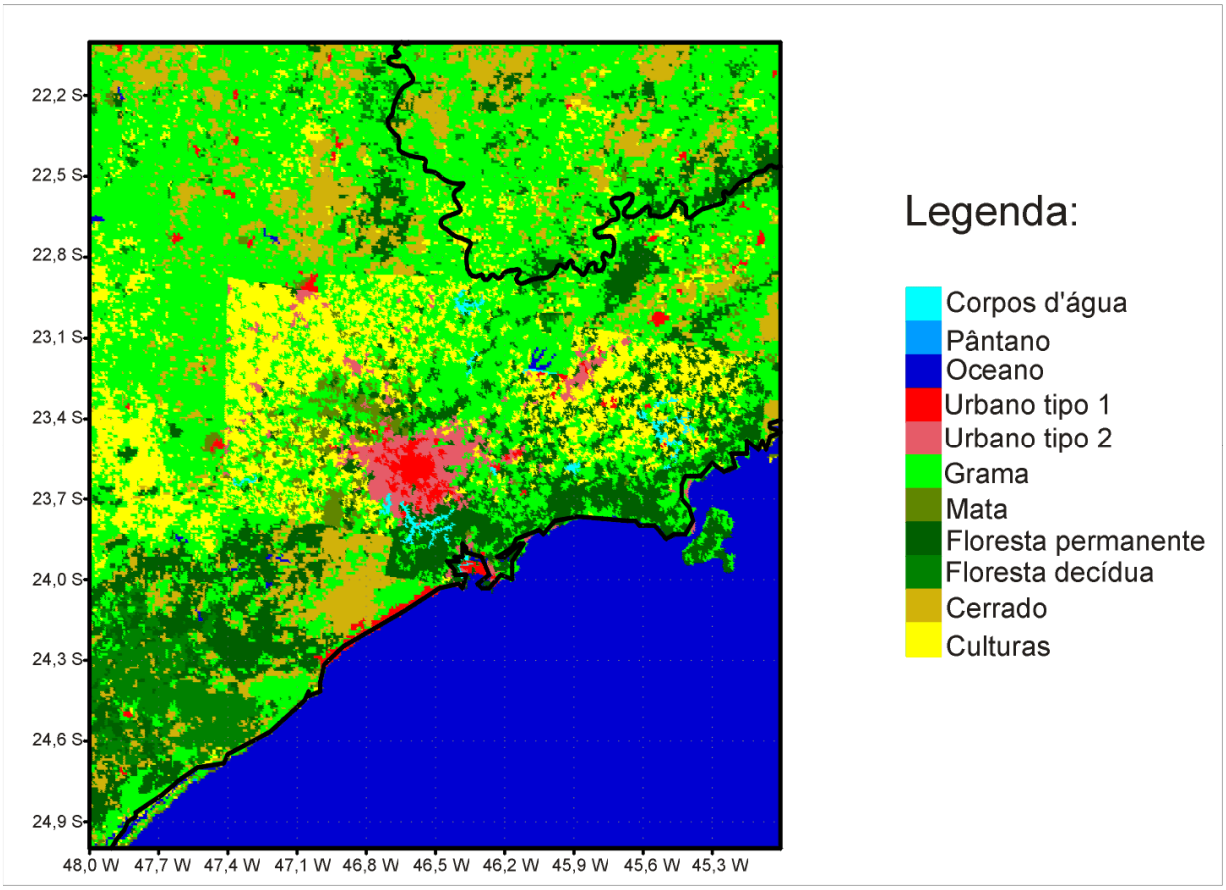


Figura 1: Associação das ocupações do solo obtidas pelo processo de classificação de imagens de satélite e pelo IGBP - *International Geosphere Biosphere Programme*

FREITAS (2003) mostrou que a topografia age de maneira a intensificar as circulações de brisa marítima e terrestre através da superposição das circulações do tipo vale/montanha com as circulações de brisa. A presença da escarpa da Serra do Mar contribui para que a brisa marítima atinja a RMSP cerca de três horas mais cedo do que atingiria caso não houvesse essa topografia acentuada. As Serras da Mantiqueira e Cantareira favorecem uma maior penetração da brisa marítima sobre o continente através do mesmo efeito. FREITAS *et al*. (2007) mostraram que a região urbanizada da RMSP contribui para o atraso na chegada da frente de brisa na zona norte e para uma propagação mais rápida até a sua porção sul, em decorrência das circulações geradas pela ilha de calor urbana. Também demonstraram que a ilha de calor urbana faz com que a velocidade dos ventos seja mais forte na célula de circulação da brisa marítima. Devido à forte convergência gerada pela ilha de calor urbana no centro da RMSP, a frente de brisa permanece estacionada

nessa região por algumas horas, gerando correntes ascendentes mais fortes nessa região, que ocasionam um maior transporte de umidade na vertical.

Em resumo, a ilha de calor contribui tanto para um avanço mais rápido na Zona Sul, como para um atraso na propagação da frente de brisa marítima, na região Norte. Este aspecto é de suma relevância neste trabalho, em virtude do trecho considerado estar localizado nesta área da RMSP e ter razoável extensão na direção leste-oeste, o que torna os aspectos das circulações locais fundamentais para uma representação mais realista da circulação atmosférica de superfície. Acrescido a isso, destaca-se também a proximidade com a Serra da Cantareira, cujo ajuste orográfico também influencia diretamente o vento em cada local.

4. Modelagem numérica aplicada sobre a RMSP

Em virtude da baixa disponibilidade de medições de variáveis meteorológicas, dada a dificuldade de instalação de muitas estações e outros problemas relacionados à sua manutenção, atos de vandalismo e o desgaste natural dos equipamentos, a modelagem numérica constitui uma ferramenta útil e praticamente indispensável em qualquer estudo sobre as condições atmosféricas e de qualidade do ar em qualquer região do globo. No caso brasileiro e, mais especificamente, da RMSP, essas dificuldades são expressivas e boa parte do problema vem sendo amenizada com o uso de modelos meteorológicos regionais ou de área limitada, chamados de mesoescala. Um exemplo desses modelos, utilizado neste trabalho, é o *Brazilian Regional Atmospheric Modeling System* – BRAMS, que é um modelo numérico de múltipla finalidade designado para simular circulações atmosféricas que vão desde a micro até a grande escala. Sua mais frequente aplicação é na simulação de fenômenos atmosféricos de mesoescala (com escalas horizontais da ordem de 2 a 2000 km) com o objetivo de fornecer tanto informações de previsão de tempo operacional quanto de suporte à pesquisa.

O BRAMS baseia-se no conjunto completo de equações que governam a evolução do estado atmosférico, baseadas nas leis de movimento de Newton e na termodinâmica de um fluido, incluindo parametrizações dos diversos processos físicos presentes nestas equações. Para a condição de fronteira

inferior, o BRAMS utiliza o LEAF - *Land Ecosystem-Atmosphere Feedback,* que é uma representação dos aspectos da superfície, incluindo vegetação, solo, lagos, oceanos e as influências de uns sobre os outros e sobre a atmosfera. O LEAF-3 inclui equações prognósticas para temperatura do solo e umidade em múltiplas camadas, temperatura da vegetação e água na superfície, incluindo orvalho e precipitação interceptada e energia termal para múltiplas camadas, temperatura e razão de mistura do vapor d'água do ar do dossel (WALKO *et al.*, 2000). Para o tratamento das áreas urbanas, o modelo utiliza o Town Energy Budget (MASSON, 2000; FREITAS, 2003), que utiliza uma geometria de *canyon* local (nas ruas entre os prédios) ao invés da usual representação de solo nu ou da modificação dos parâmetros da vegetação para a representação de áreas urbanizadas, como é o caso do esquema LEAF-3, permitindo o refinamento dos balanços radiativos bem como momento, calor turbulento e fluxos da superfície através de um tratamento fisicamente mais apropriado. Entre outros aspectos, este modelo faz uma representação dos principais aspectos físicos de áreas urbanizadas e, de grande interesse em estudos de dispersão, uma representação dos fluxos antrópicos de calor e umidade, tanto de origem industrial/doméstica como veicular.

5. Simulações das condições meteorológicas para o ano base

Com o objetivo de fornecer informações sazonais das condições meteorológicas sobre a RMSP, foram realizadas simulações com o modelo BRAMS durante o período de 01 de janeiro a 31 de dezembro de 2005. Embora a região possa ser considerada de grande variabilidade, este período é suficiente para representar as principais condições de dispersão de poluentes, abrangendo as situações consideradas favoráveis de verão e aquelas consideradas críticas durante o inverno. As simulações foram realizadas utilizando-se o esquema de aninhamento múltiplo de grades (*two-way interaction*), sendo a primeira grade com resolução horizontal de 16 km, a segunda com resolução de 4 km e a terceira de 1 km (Fig. 2).

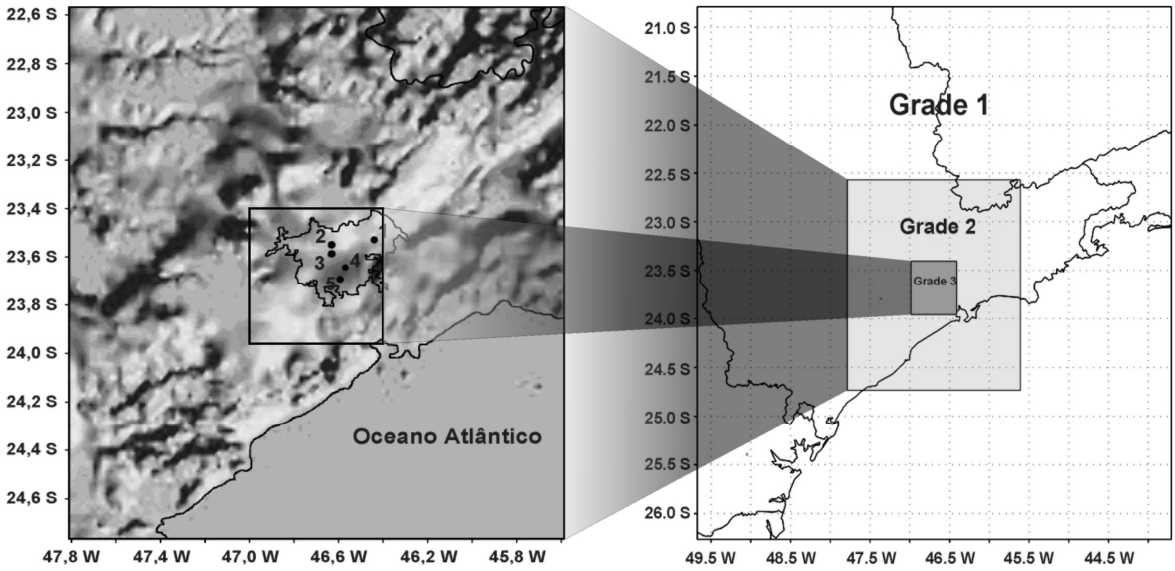
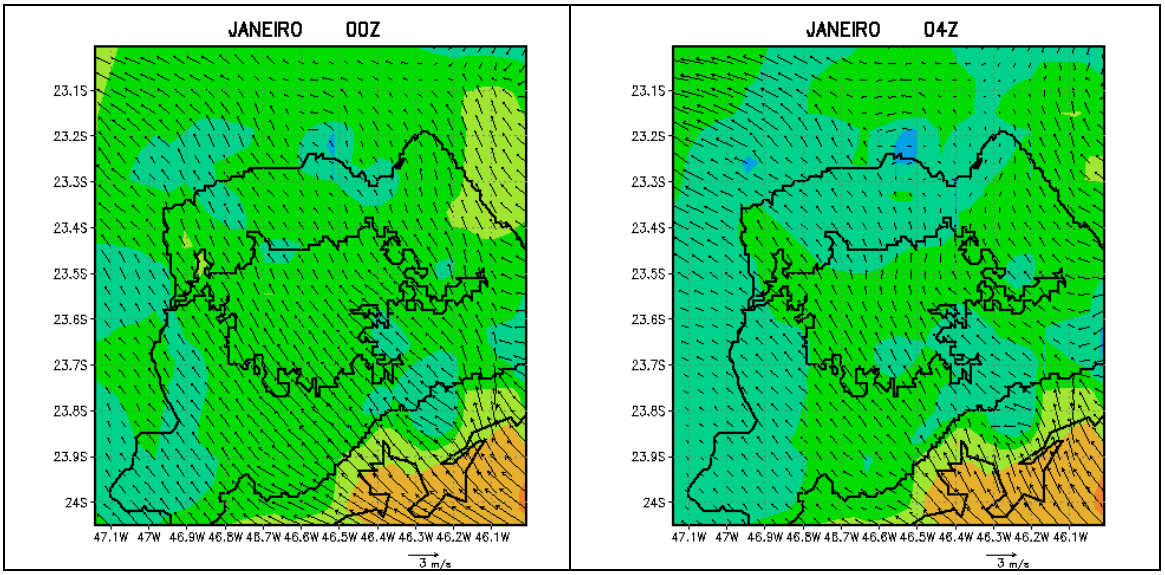


Figura 2: Domínios das grades utilizadas, com destaque para o contorno da RMSP. Estações meteorológicas: 1) São Miguel Paulista; 2) Pq. D. Pedro II; 3) Ibirapuera; 4) São Caetano do Sul e; 5) IAG-AF

Foram utilizados 33 níveis de altura na vertical (acompanhando o relevo), sendo o primeiro nível do modelo colocado a 14,3 m acima da superfície. A partir das simulações, foram calculados valores mensais das principais variáveis utilizadas em estudos de dispersão.

As figuras a seguir apresentam os campos de vento (m s^{-1}) e de temperatura (°C) próximos à superfície, a cada duas horas, nos quatro meses representativos de cada uma das estações do ano (Janeiro, Abril, Julho e Outubro).



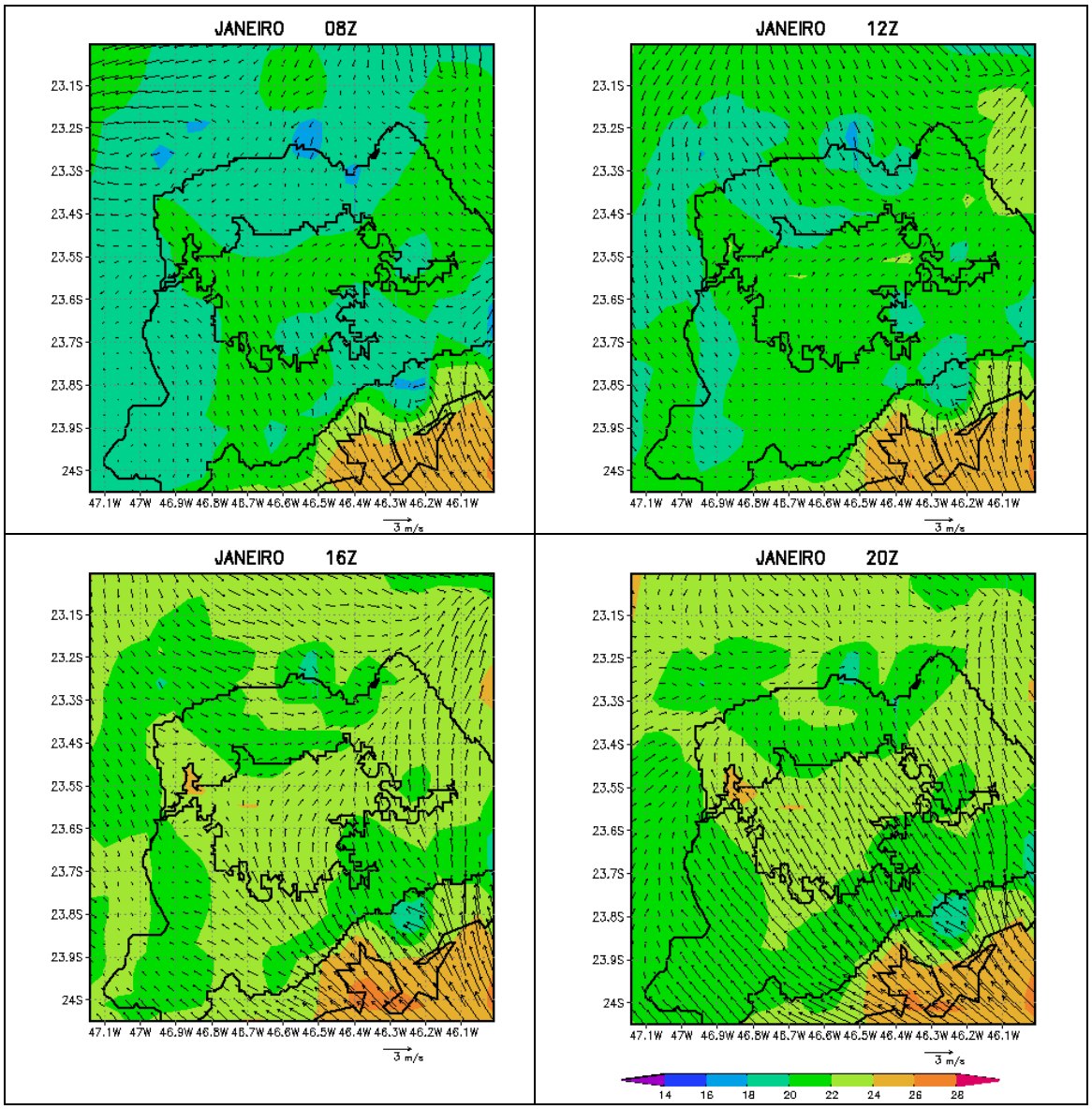


Figura 3: Campos médios de vento (m s^{-1}) e de temperatura (°C) próximos à superfície para os horários das 00, 04, 08, 12, 16 e 20 UTC, durante o mês de Janeiro de 2005.

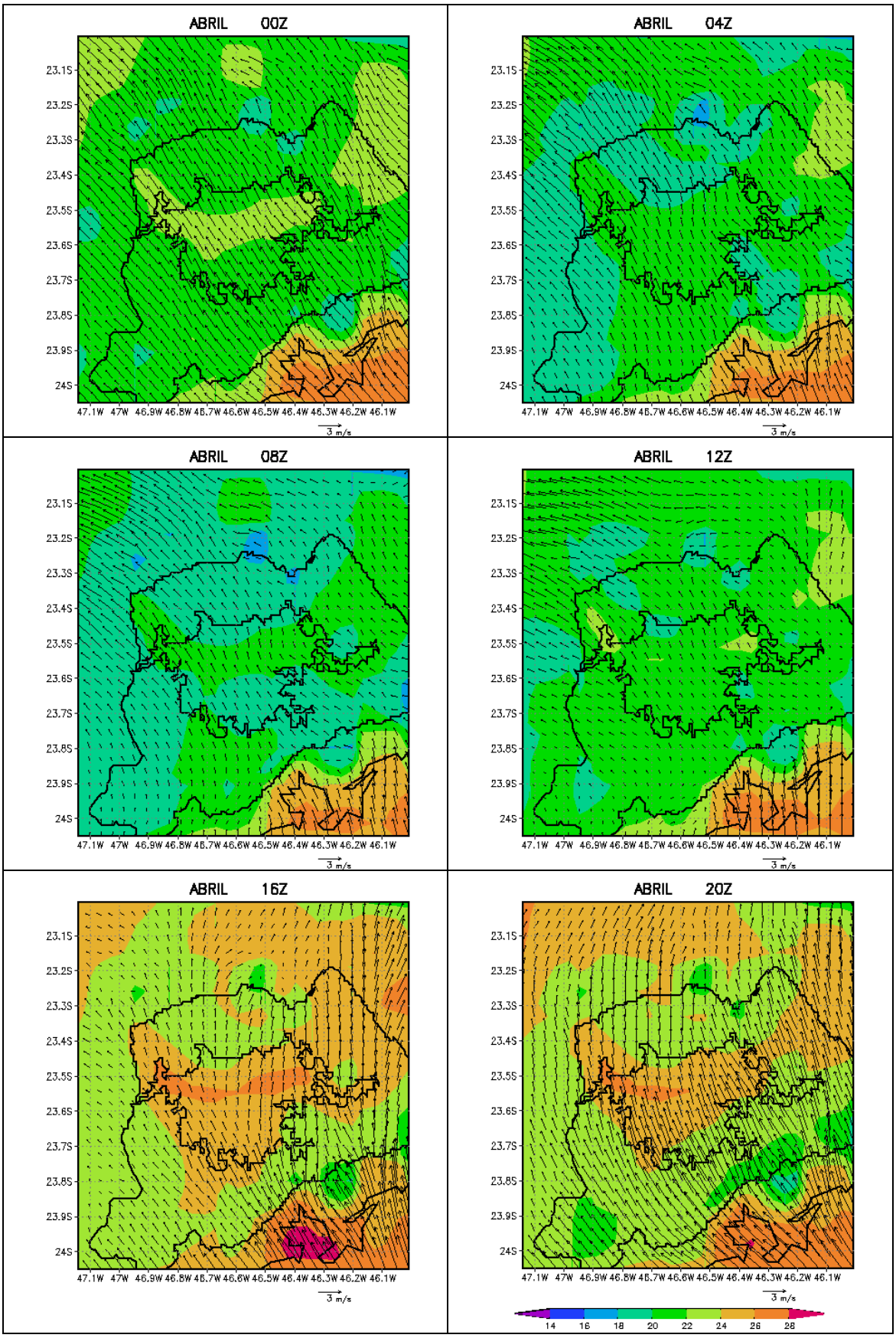


Figura 4: Mesmo que na Figura 3, mas para o mês de Abril de 2005.

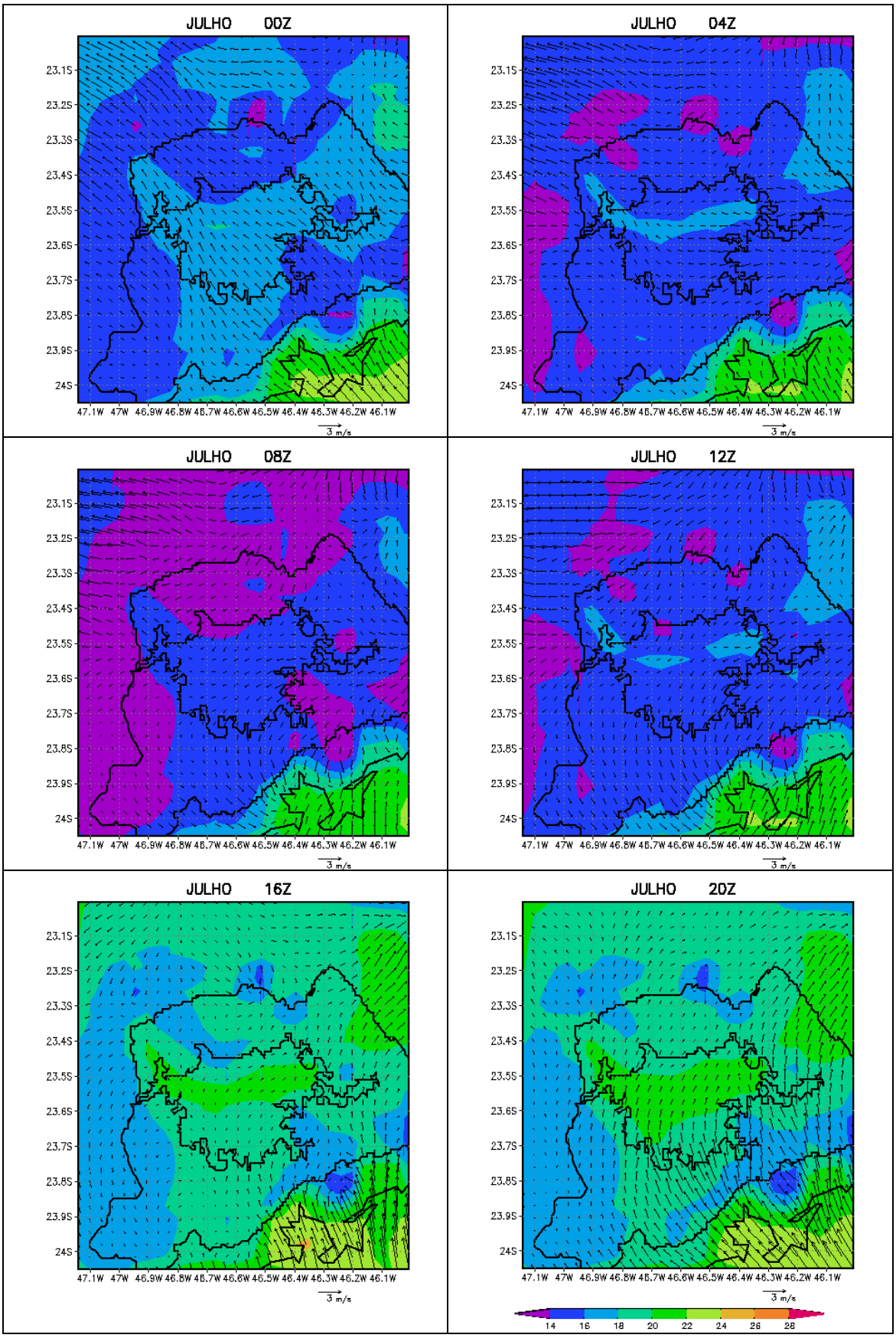


Figura 5: Mesmo que na Figura 3, mas para o mês de Julho de 2005.

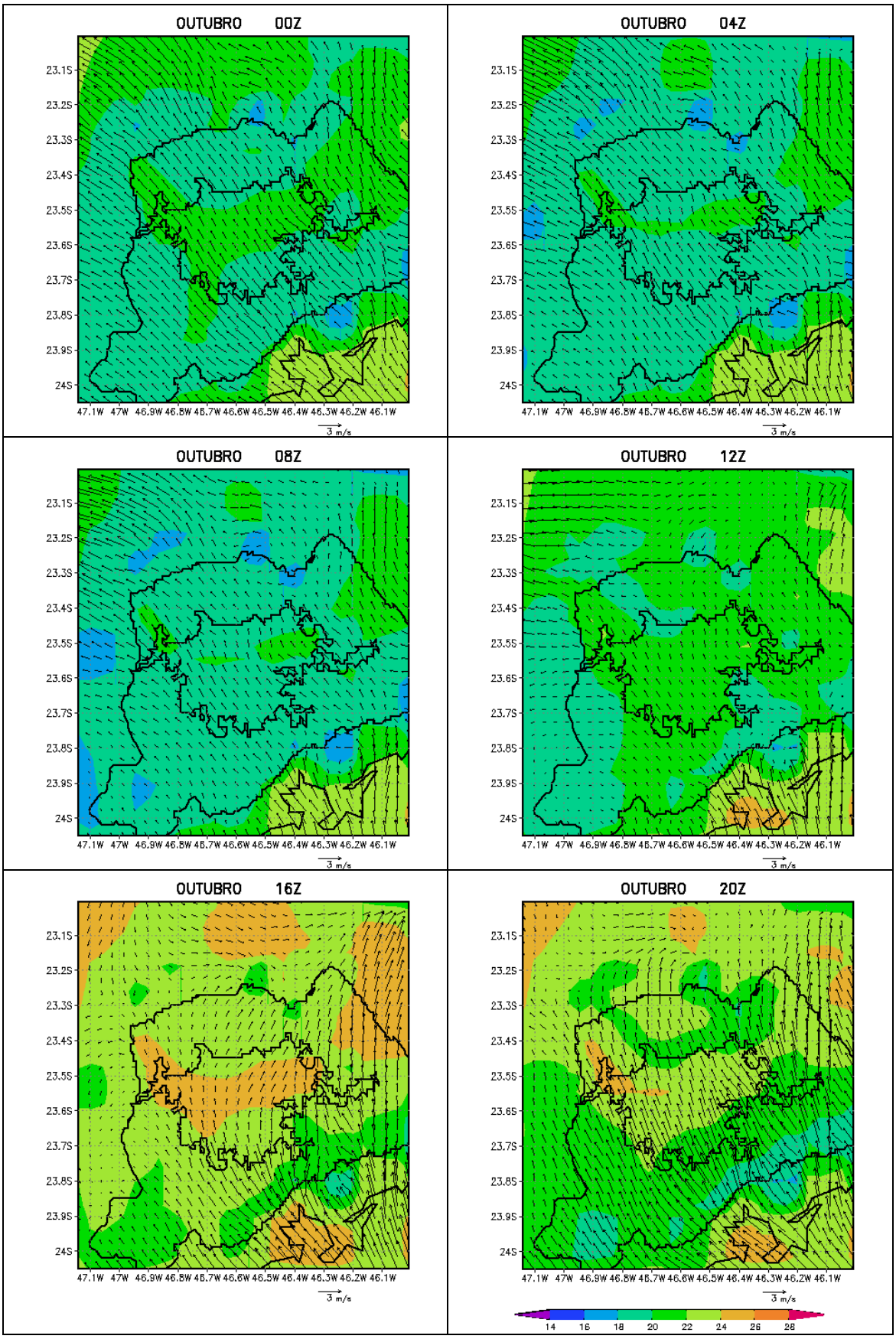


Figura 6: Mesmo que na Figura 3, mas para o mês de Outubro de 2005.

As médias do vento conforme os horários do dia podem trazer detalhes do comportamento do escoamento e serem de extrema valia para o conhecimento da direção de estabelecimento da pluma de efluentes gasosos emanados de determinada região. Considerando a localização da região estudada com relação à linha de costa média (cuja orientação se dá na direção sudoeste-nordeste), conclui-se que a direção típica da brisa marítima é de sudeste, e seu horário de penetração pode ser obtido observando o horário de mudança da direção e intensidade do vento. Outras mudanças relevantes são a queda da temperatura e, principalmente o aumento da temperatura de ponto de orvalho.

Uma característica marcante das Figuras 3 a 6 é a persistência de vetores de vento oriundos de sudeste em todo o domínio apresentado. No intuito de avaliar a qualidade desta representação, cuja repetitividade pode parecer irreal, foi utilizada uma série temporal extensa obtida por uma estação meteorológica automática localizada no IAG-Cidade Universitária, cujo registro estende-se de 1998 a 2006 com observações a cada 30 minutos.

A primeira determinação de interesse é o vento médio mensal, o qual é obtido através da média aritmética de todos os dados disponíveis para determinado mês. A representação gráfica das médias mensais para o período total de 9 anos de registros analisados (Fig. 7) mostra a dominância do quadrante sudeste para todos os meses. Um aspecto relevante a ser destacado é a variação anual desta dominância, com máximos relativos em Março/Abril e Setembro/Outubro. De qualquer modo, os valores médios são relativamente baixos, sendo inferiores a 1 m/s em todos os meses.

De certo modo, a dominância do vento de sudeste está diretamente relacionada à influência da brisa marítima, dada a predominância do quadrante sudeste neste regime. Não obstante, esta determinação do vento médio mensal representa apenas a direção e a intensidade dominantes, sendo muito pouco representativos de condições específicas que podem variar conforme a época do ano e o horário do dia.

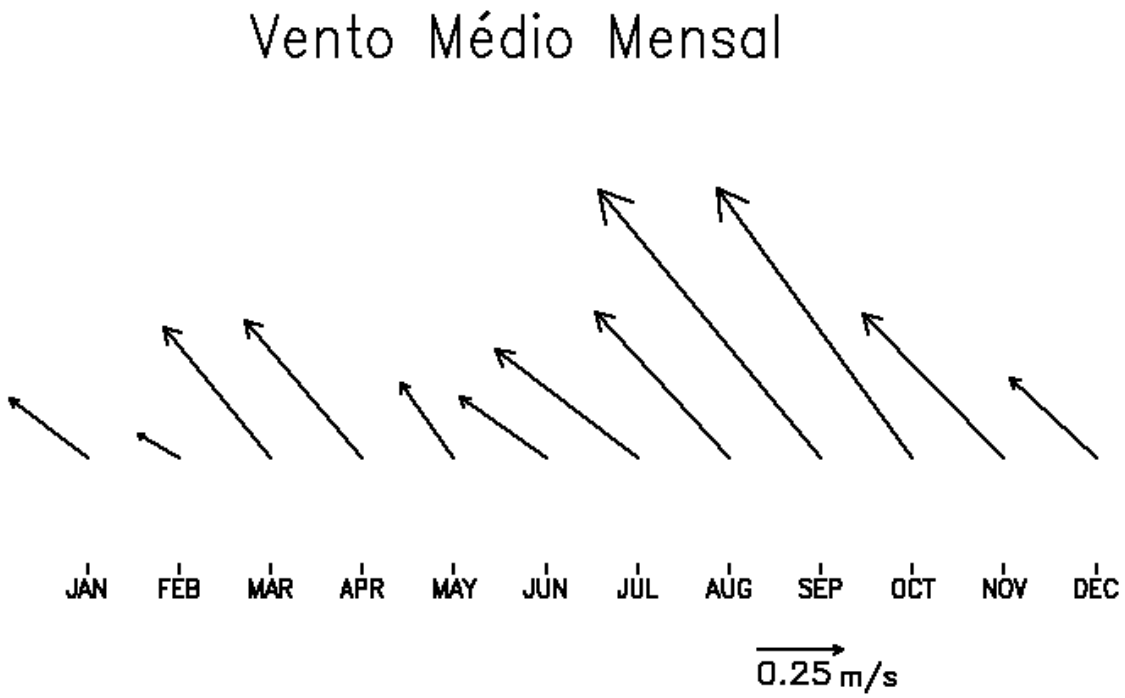


Figura 7: Vento médio em base mensal para o período de 9 anos de dados analisados. Da esquerda para a direita, de Janeiro a Dezembro.

Além dos campos médios simulados apresentados anteriormente, foi realizada uma comparação entre os resultados modelados para a componente de vento perpendicular à costa em diferentes pontos sobre a Região Metropolitana de São Paulo, conforme indicação na Figura 8. A justificativa para o exame desta componente deve-se à importância da célula de brisa terrestre/marítima na imposição do giro diário do vento nos distintos locais de interesse. De maneira objetiva, valores negativos da componente perpendicular representam ventos de noroeste enquanto valores positivos representam vento de sudeste.

A distribuição dos pontos ao redor da RMSP e aproximadamente na borda da malha urbana é adequada no sentido de representar as diferentes características do escoamento superficial, tanto em termos de sua intensidade quanto em termos de seu ciclo médio em base diária. A Figura 9 apresenta as médias mensais da componente perpendicular à costa para os meses de Janeiro, Abril, Julho e Outubro em cada um dos pontos indicados na Figura 8.

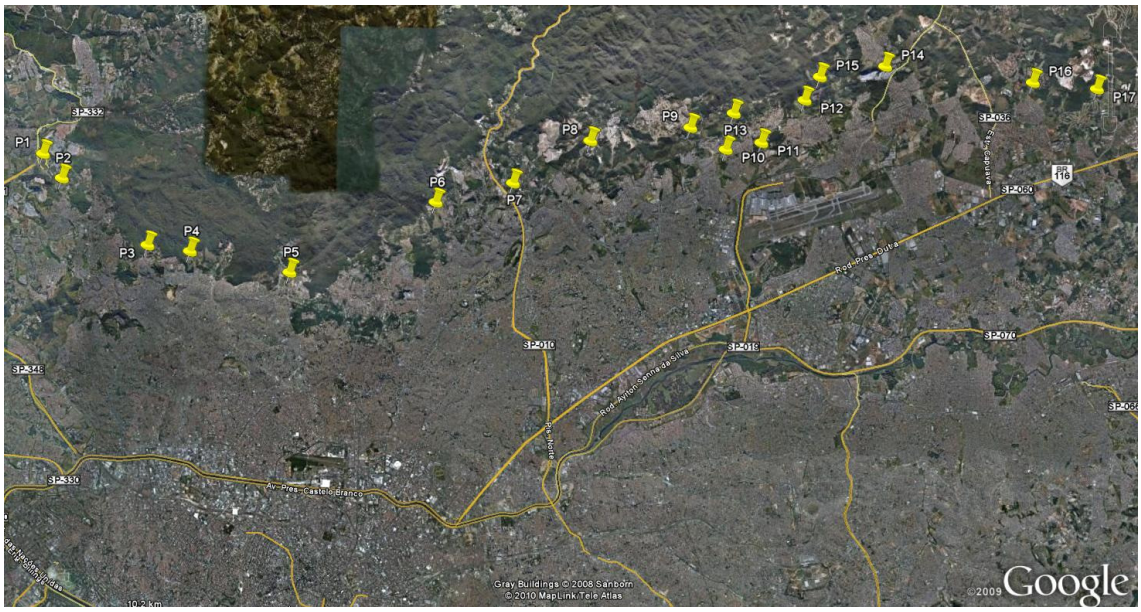


Figura 8: Localização dos pontos escolhidos para a comparação entre as componentes do vento nas proximidades do Trecho Norte do Rodoanel.

Uma análise dos padrões das curvas apresentadas na Figura 9 pode evidenciar as diferenças nos horários médios de virada do vento de superfície nos diferentes pontos e conforme os meses do ano. De maneira geral, e conforme esperado, a virada da componente perpendicular à costa ocorre antes nas estações mais próximas da linha de costa, e este atraso é sucessivamente maior à medida que a estação considerada se afasta da costa. Não obstante, é preciso destacar a importância da presença da malha urbana e da topografia, as quais promovem convergência sobre a parte urbanizada durante o dia.

Neste aspecto, cabe ressaltar a diferença entre os pontos extremos (P1 e P17, assim como a gradual evolução dos pontos intermediários), os quais apresentam componentes médias perpendiculares à costa com sinais contrários em determinadas situações. Esse aspecto fica evidente entre 06 e 09 UTC e entre 15 e 18 UTC nas médias de Janeiro, sendo estes que horários antecedem as entradas das frentes de brisa terrestre e marítima na região estudada. Nas médias de Julho este comportamento fica ainda mais acentuado, pois os períodos com inversão da componente perpendicular são entre 06 e 12 UTC e entre 15 e 20 UTC, aumentando o período com influência direta da célula de brisa. Mas médias de Abril e de Outubro não são

observadas inversões de sinal, mas claramente há diferenças entre as amplitudes e os horários de mudança de sinal.

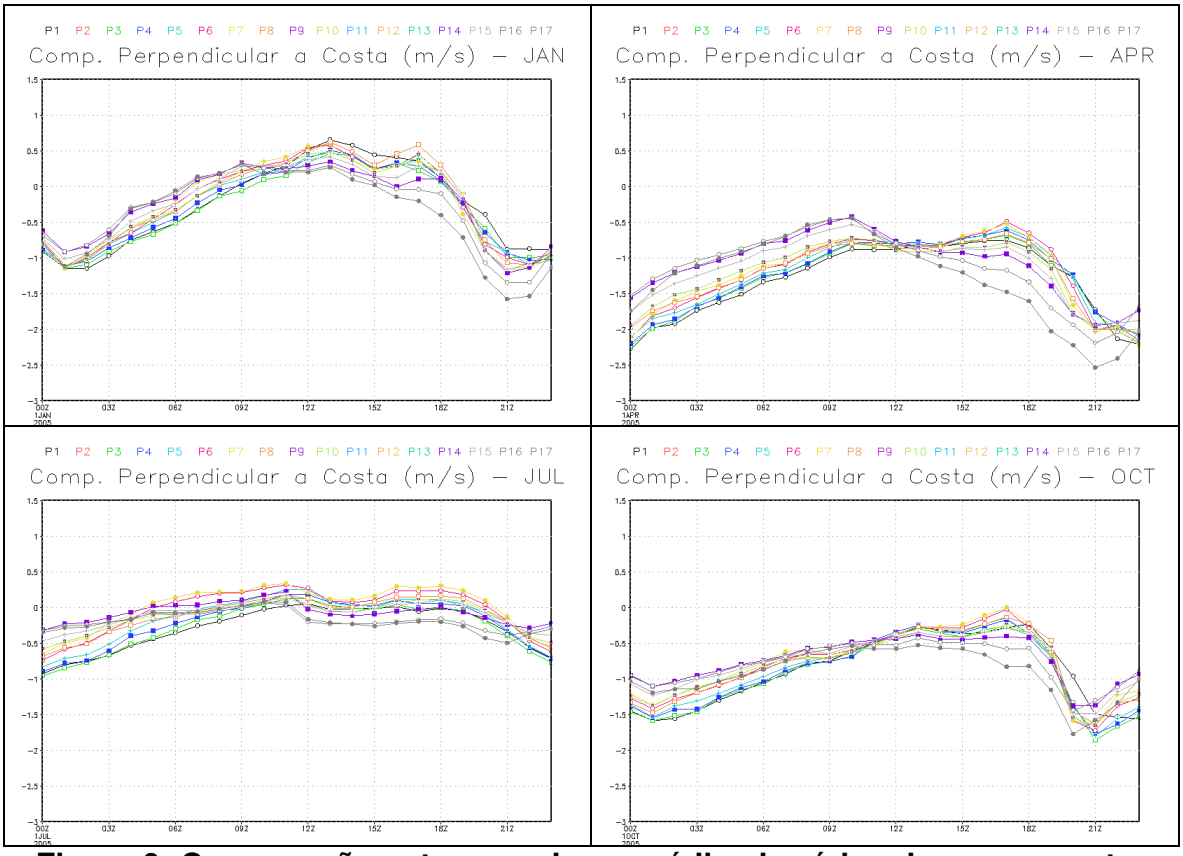


Figura 9: Comparação entre os valores médios horários do componente do vento de brisa (m s^{-1}) para 5 pontos na RMSP para meses de Janeiro, Abril, Julho e Outubro do ano base 2005.

O comportamento oscilatório do vento identificado nas Figuras 9 e 10 pode ser também verificado nas observações realizadas por estação meteorológica automática no IAG-Cidade Universitária, cuja localização na porção oeste da RMSP é determinante no comportamento médio da circulação à superfície. A Figura 10 apresenta graficamente os vetores das médias das observações conforme o horário do dia, de acordo com uma subdivisão em séries mensais destes dados. A Figura 11, por sua vez, apresenta o vetor 'vento de brisa', o qual representa a essência do comportamento devido às circulações de mesoescala, conforme será explicado a seguir.

A variação diurna do vento em base média mensal é bastante semelhante ao longo do ano, ressaltando a notória virada do vento pelo quadrante norte entre 06 e 15 horas em todos os meses, exceto em Setembro/Outubro. Observa-se uma certa redução dos valores médios nos

meses de inverno, efeito este que está diretamente relacionado à maior ocorrência de períodos de calmaria nesta época do ano.

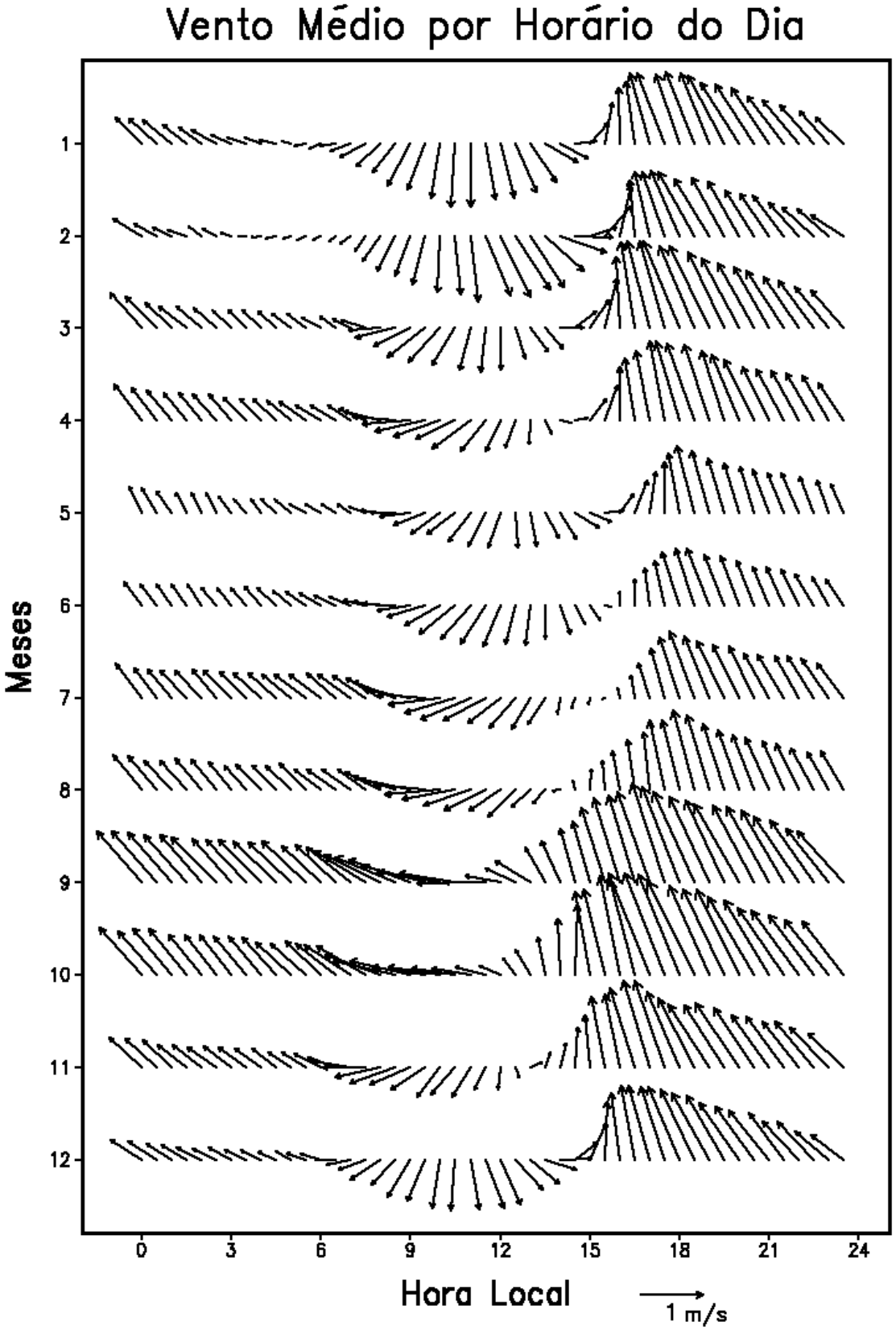


Figura 10: Vento médio conforme o horário do dia para os diferentes meses do ano para o período analisado de 9 anos de dados 1998-2006.

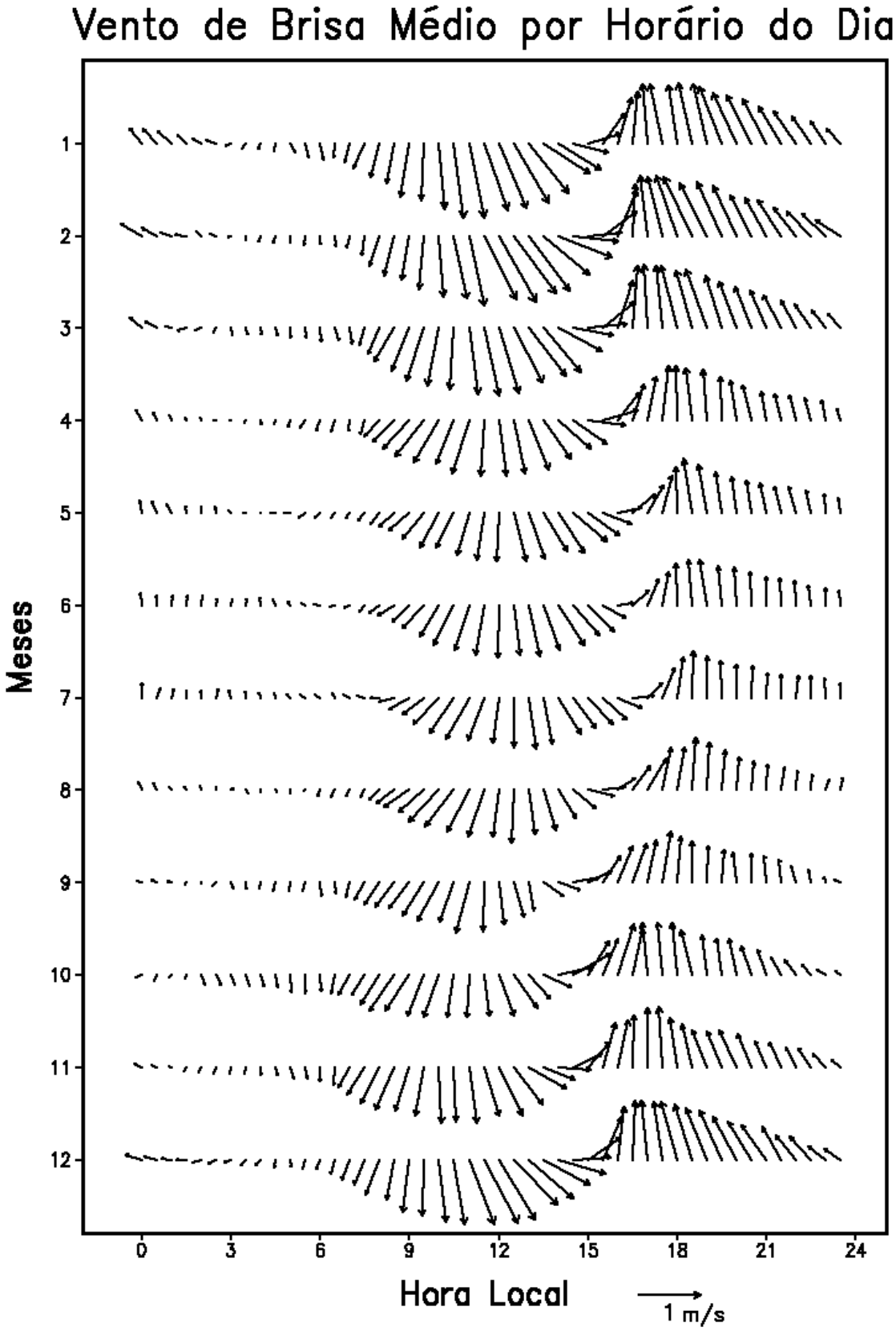


Figura 11: Vento de brisa médio mensal para o período analisado de 9 anos de dados 1998-2006.

A compilação conjunta das informações da Figura 7 e da Figura 10 (médias mensais e variação média diurna em base mensal) permite a obtenção das séries aqui denominadas 'vento de brisa', cuja determinação envolve a subtração vetorial do vento médio mensal das médias mensais conforme o horário do dia. A Figura 11 apresenta o vento de brisa médio mensal para o período de 9 anos de observações disponíveis, na qual fica evidente a grande semelhança do sistema de brisa ao longo dos diferentes meses, embora algumas variações sejam perceptíveis como a redução das amplitudes da brisa marítima e da brisa terrestre nos meses de Maio a Agosto e o pequeno atraso na entrada da brisa (horário da virada da componente meridional para Sul).

Estas diferenças médias mensais observadas na Cidade Universitária podem servir de indicativos para avaliar a representatividade das simulações numéricas, uma vez que os resultados modelados mostram claramente distinções de comportamento entre os diferentes meses (Figs 3 a 6). Apesar de não mostrada, a representação numérica do atraso na penetração da frente de brisa marítima nos meses de Maio a Agosto demonstrou-se bastante satisfatória ao considerar as informações da Cidade Universitária.

Outro aspecto relevante refere-se à intensidade das células de brisa simuladas pelo BRAMS, cujas comparações com observações indicam valores próximos da ordem de 1m/s tanto para a brisa terrestre quanto para a brisa marítima.

Estes fatos permitem acreditar que, apesar das restringentes limitações numéricas (principalmente resolução espacial e parametrizações de processos de superfície), os resultados fornecidos pelo modelo podem servir como bons descritores das condições observadas em regiões sem disponibilidade de dados meteorológicos de superfície.

Finalizando, é importante ressaltar que os resultados modelados utilizados para as simulações de dispersão com o CalRoads não se referem a médias mensais referentes ao ano de 2005 de acordo com o horário do dia, e sim a uma série completa com resolução temporal de 1 hora ao longo de todos os 365 dias do ano.

Referências Bibliográficas

ATKINSON, B. W. Meso-Scale Atmospheric Circulations, *London Academic Press,* 1981. 495 p.

BERNADET, L. R. Simulação numérica da brisa marítima e de sua interação com a topografia na presença de processos úmidos. São Paulo, 1992. 119 pp. *Dissertação de Mestrado do Departamento de Ciências Atmosféricas do Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo*.

CORREIA, M. F. Impacto das ações antrópicas no clima do submédio do rio São Francisco: Um estudo numérico e observacional. São Paulo, 2001. 181p. *Tese de Doutoramento do Departamento de Ciências Atmosféricas do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo.*

FREITAS, E. D. Circulações locais em São Paulo e sua influência sobre a dispersão de poluentes. São Paulo, 2003, 156p. *Tese de Doutoramento do Departamento de Ciências Atmosféricas do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo.*

FREITAS, E. D.; ROZOFF, C; COTTON, W. R.; SILVA DIAS, P. L. Interactions of urban heat island and sea breeze circulations during winter over the Metropolitan Area of São Paulo – Brazil. Boundary Layer Meteorology, 122(1), 43-65, 2007.

MASSON, V. A physically-based scheme for the urban energy budget in atmospheric models. *Bound-Layer Meteorol.*, **94,** 357-397, 2000.

OLIVEIRA, A. P. & SILVA DIAS, P. L. Aspectos observacionais da brisa marítima em São Paulo. In: *Congresso Brasileiro de Meteorologia*, 2, Pelotas, 1982, 129-145.

STIVARI, S. M. S. Um estudo da brisa lacustre do Lago de Itaipu. São Paulo, 1999. 181p. *Tese de Doutoramento do Departamento de Ciências Atmosféricas do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo.*

WALKO, R. L.; BAND, L. E.; BARON, J.; KITTEL, T. G. F.; LAMMERS, R.; LEE, T. J.; OJIMA, D.; PIELKE, R. A.; TAYLOR, C.; TAGUE, C.; TREMBACK, C. J.; VIDALE, P. L. Coupled atmosphere-biophysics-hydrology models for environmental modeling. *J. Appl. Meteorol.,* **39**, 6, 931-944, 2000.

ANEXO II

Estudo de Dispersão Atmosférica das emissões provenientes do tráfego do Rodoanel - Trecho Norte

II.1. Considerações

Este relatório apresenta o resultado da modelagem das contribuições nas concentrações de monóxido de carbono, material particulado, dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio e hidrocarbonetos totais na qualidade do ar, decorrentes das emissões de poluentes atmosféricos provocadas pelo futuro tráfego de veículos automotores no Trecho Norte do Rodoanel, através da aplicação de modelos de dispersão recomendados pela US-EPA – United States Environmental Protection Agency.

Os cenários previstos para a modelagem atmosférica do trecho Norte do Rodoanel referem-se aos anos de 2.014 e 2.024, onde foram consideradas as emissões de veículos leves (autos) e pesados (comerciais), utilizando conjuntos de dados meteorológicos, a saber, da estação CETESB Santana, da estação do Aeroporto de Guarulhos, dados gerados pelo software BRAMS e dados das condições mais desfavoráveis de dispersão (para efeito de "worst case") e os volumes de tráfego previstos pela Assessoria de Planejamento da Secretaria de Transportes do Estado de São Paulo.. O traçado do Trecho Norte utilizado na modelagem representa a situação dos estudos de engenharia em 15 de agosto de 2010, tendo sido fornecido pela DERSA.

Os modelos de dispersão utilizados neste estudo são o AERMOD, da Lakes Environmental Software Inc., e os módulos CALINE4 e CAL3QHCR, que fazem parte do software CALRoadsView também da Lakes, conforme descrito no relatório

Os resultados das simulações foram compilados e apresentados em termos de máximas contribuições nas áreas próximas do trecho Norte do Rodoanel, sendo que os pontos de contribuições máximas naturalmente ocorrem nas pistas de rolamento, portanto, sempre internamente às faixas de domínio da rodovia. As contribuições nas áreas próximas das rodovias diminuem rapidamente com o afastamento da via onde, em praticamente todos os casos, as contribuições de poluentes atmosféricos apresentam valores menores que os padrões primários de qualidade do ar da Resolução CONAMA 03/90.

II.2. Meteorologia

Os dados meteorológicos utilizados nos estudos de dispersão foram elaborados nas seguintes condições técnicas:

- Dados simulados no formato do modelo ISCST3 (Industrial Source Short Term) para CAL3QHCR da US-EPA, elaborados através do software BRAMS. Foram simulados os

dados horários de um ano, tendo como base 2.005, pois este ano apresentou menores anomalias da TSM (Temperatura da Superfície do Mar) que os anos posteriores, refletindo menores influências de El Niño, podendo ser considerado como um ano padrão para este tipo de estudo, conforme descrito no anexo I – *caracterização meteorológica da Região Metropolitana de São Paulo: análise mensal e condições de dispersão associadas*, para seis pontos tomados como representativos do Trecho Norte do Rodoanel, conforme será discutido mais adiante, denominados neste estudo como P01, P03, P04, P07, P14 e P20 iniciando no município de São Paulo e terminando no de Arujá. Outros pontos foram também avaliados, porém não evidenciaram particularidades que merecessem simulações separadas.

- Dados reais no formato do modelo ISCST3 (Industrial Source Short Term) para CAL3QHCR da US-EPA, levantados a partir das medições regulares das estações meteorológicas da CETESB localizada em Santana, município de São Paulo, e do Aeroporto de Guarulhos para ano de 2.005, da mesma forma que para a modelagem BRAMS.
- Dados para condição meteorológica desfavorável conforme a recomendação constante no "User's Guide for CL4: A User-Friendly Interface for the Caline4 Model for Transportation Project Impact Assessments", que consiste em adotar a estabilidade atmosférica G (extremamente estável) e velocidade de vento igual a 1 m/s.
- Dados reais no formato do modelo AERMOD da US-EPA, levantados a partir das medições regulares da estação meteorológica do Aeroporto de Guarulhos para os anos de 2.005 a 2.009.

II.2.1 Dados obtidos pela modelagem BRAMS

O software BRAMS foi aplicado à RMSP, produzindo dados meteorológicos horários de toda a região correspondentes a todo o ano de 2005, tomado como referência. Desta simulação, foram selecionados cinco pontos considerados como representativos das principais características da região cortada pelo Rodoanel, cujas descrições estão apresentadas a seguir:

- ponto 1 (P02): UTM 322.800 e 7.409.350 metros (Município de São Paulo, no cruzamento do Rodoanel e Av. Raimundo P. Magalhães);
- ponto 3 (P03): UTM 326.500 e 7.406.200 metros (Município de São Paulo, Vila Brasilândia);

- ponto 4 (P04): UTM 328.000 e 7.406.000 metros (Município de São Paulo, no Rodoanel próximo da Av. Inajar de Sousa);
- ponto 7 (P07): UTM 339.300 e 7.408.500 metros (Município de São Paulo, no cruzamento do Rodoanel com Rodovia Fernão Dias);
- ponto 14 (P11): UTM 352.300 e 7.412.700 metros (Município de Guarulhos, próximo ao Aeroporto de Guarulhos);
- ponto 20 (P20): UTM 360.650 e 7.410.000 metros (Município de Arujá, no cruzamento do Rodoanel e Rodovia Presidente Dutra).

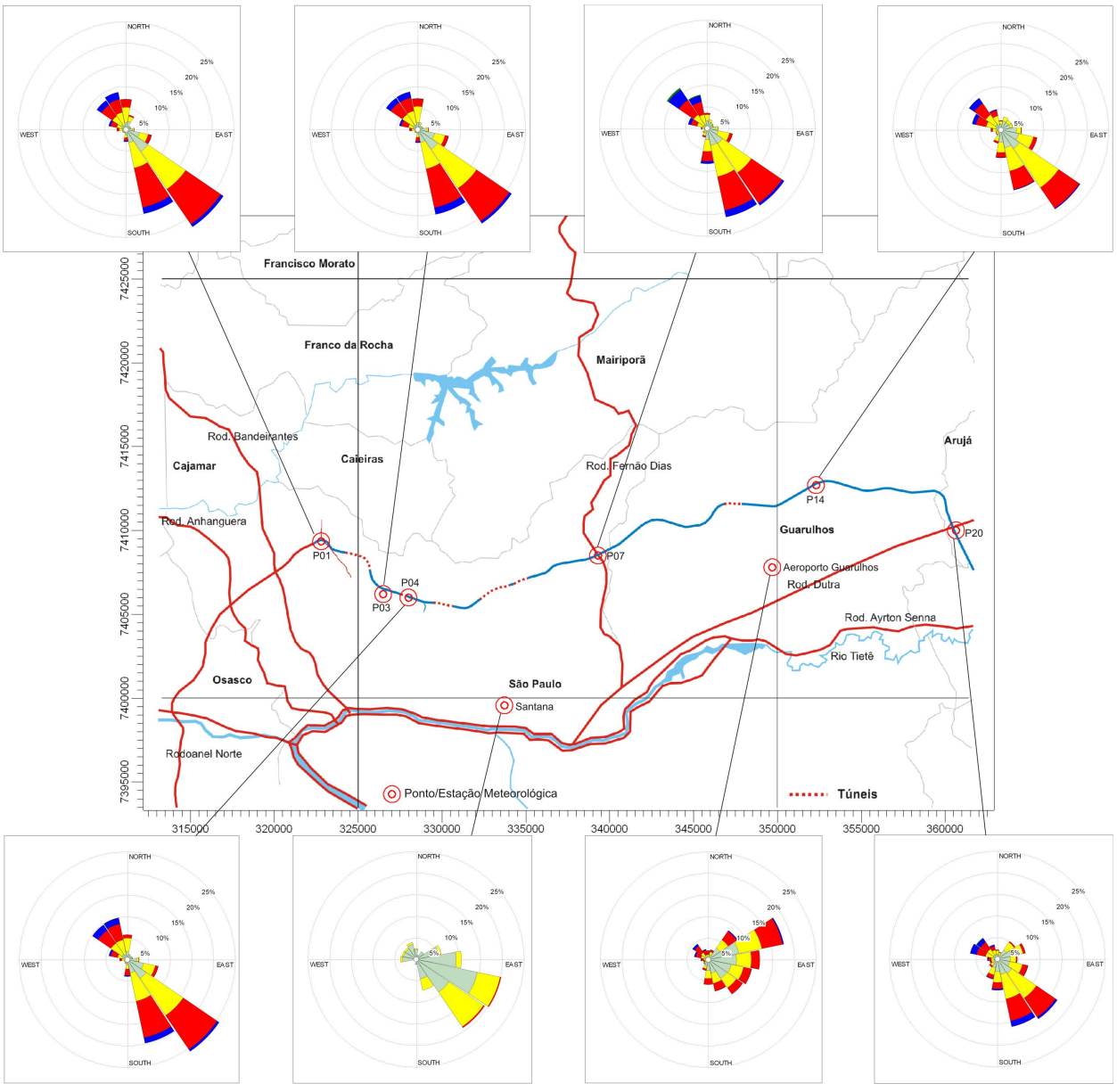


Figura II.1 - Localização dos Pontos Meteorológicos e Rosa dos Ventos determinadas pelo BRAMS e das Estações Meteorológicas de Santana e Guarulhos

II.2.2 Dados da Estação Meteorológica da CETESB Santana

Os dados de superfície de 2.005 consistem de parâmetros horários de direção e velocidade do vento, temperatura e desvio padrão da direção de vento da estação meteorológica da CETESB localizada no Bairro de Santana, município de São Paulo.

A estação meteorológica apresenta as seguintes características:

- Coordenada UTM: 333.718 e 7.399.568 metros
- Altura do sensor de vento: 10 metros
- Direção Norte: Norte Verdadeiro

Os dados meteorológicos foram processados em programas específicos de computador para a elaboração de arquivos meteorológicos horários, formatados para o modelo ISCST3, utilizando critérios recomendados pela US-EPA *"Meteorogical Monitoring Guidance for Regulatory Modeling Aplications"* e *"Industrial Source Complex (ISC) Dispersion Model User's Guide".*

II.2.3 Dados da Estação Meteorológica do Aeroporto de Guarulhos

Os dados processados e formatados do modelo ISCST3 para o ano de 2.005 e do modelo AERMOD para os anos de 2.005 a 2.009 do Aeroporto de Guarulhos foram fornecidos pela INFRAERO.

A estação meteorológica apresenta as seguintes características:

- Coordenada UTM: 350.167 e 7.407.746 metros
- Altura do sensor de vento: 8 metros
- Direção Norte: Norte Verdadeiro

Os dados meteorológicos horários no formato ISCST3 foram processados pelo software *Rammet View version 6.6.0* da *Lakes Environmental Consultants, Inc. Ontário-Canadá*, que integra o software *PCRAMMET* da US-EPA, constantes na referência da US-EPA *EPA 450/4-88-002 a "Industrial Source Complex (ISC) Dispersion Model User's Guide" volume I, Dec 198,.*

II.2.4 Arquivos Meteorológicos BRAMS no Formato ISCST3

Os dados meteorológicos no formato ISCST3 para o ano de 2.005 é utilizado no software CAL3QHCR para simulação de cenários com variação horária de dados meteorológicos. Os arquivos utilizados nas simulações consistem de 6 (seis) pontos/locais processados pelo software BRAMS, Estação CETESB Santana e Estação do Aeroporto de Guarulhos.

Parâmetros Horários: direção (graus) e velocidade do vento (m/s), temperatura ambiente (K), estabilidade atmosférica, altura de camada de mistura rural (m) e altura de camada de mistura urbana (m).

Os parâmetros horários de velocidade e direção do vento, temperatura ambiente, estabilidade atmosférica e altura de camada de mistura foram organizados em arquivos eletrônicos no formato do modelo ISCST3, para o período de referência.

II.2.5 Arquivos Meteorológicos no Formato AERMOD

Os dados meteorológicos no formato AERMOD para os anos de 2.005 a 2.009 do Aeroporto de Guarulhos foram utilizados no software AERMOD para simulação de cenários com variação horária de dados meteorológicos para emissões atmosféricas dos túneis.

Os dados meteorológicos horários foram processados pelo software *Aermet View version 6.6.0* da *Lakes Environmental Consultants, Inc. Ontário-Canadá*, que integra o software *AERMET* da US-EPA, constantes na referência da US-EPA *EPA 454/B-03-002 "User's Guide for the AERMOD Meteorological Preprocessor (AERMET)" november, 2004,* que processa e prepara os arquivos meteorológicos nos formatos *(*.sfc e *.pfl)*.

II.2.6 Dados para Condições Desfavoráveis ("Worst Case")

A referência [1] apresenta como condição desfavorável para dispersão o seguinte conjunto de parâmetros:

- Velocidade de Vento: 0,5 a 1m/s (neste estudo foi utilizado 1 m/s conforme recomendação da US-EPA).
- Estabilidade Atmosférica: G (extremamente estável)
- Altura de Mistura: 1.000 metros

- Desvio Padrão da Direção de Vento: 5 a 30 (neste estudo foi utilizado 5, para ser conservador).

II.3. Modelos de Dispersão de Poluentes

Os modelos de dispersão utilizados nas simulações consistem de CALINE4, CAL3QHCR e AERMOD.

Os modelos de dispersão CALINE4 e CAL3QHCR baseiam-se em fonte tipo "linha", isto é, as emissões de veículos automotores nas avenidas e rodovias são transformadas em uma linha imaginária, expressas em "gramas de poluente por veículo por milha de rodovia" (g/v-mi) e utilizam os seguintes dados de entrada para o modelo:

- Emissões de CO, NO_x, MP, SO_2 e HC: g/v-mi (emissão média por sentido da rodovia)
- Trecho para Simulação: definido pelo usuário em função das características da rodovia e da área de influência.
- Fonte Linha: trecho reto, representada por uma reta na rodovia; e trecho curvo – representada por diversas retas na rodovia.
- Volume de Veículos nas pistas
- Receptores: definidos pelo usuário.
- Meteorologia: dados reais ou dados simulados para a condição crítica.
- Resultados: são as contribuições do tráfego para as concentrações atmosféricas, referentes a CO (1 e 8 horas), NO_2 (1 hora), MP (diária e anual), SO_2 (diária e anual), HC (1 hora).

O modelo de dispersão AERMOD baseia-se em fontes tipo pontual, área, volume e linha utilizada principalmente para fontes estacionárias e utilizam os seguintes dados de entrada para o modelo:

- Emissões de CO, NO_x, MP, SO_2 e HC.
- Trecho para Simulação: definido pelo usuário em função das características das fontes e da área de influência.
- Fontes de Emissões: Linha, trecho reto, representada por uma reta na rodovia; e Volume, emissão representada por "paralelepípedo uniforme".

- Receptores: definidos pelo usuário.
- Meteorologia: dados reais.
- Resultados: são as contribuições das fontes para as concentrações atmosféricas, referentes a CO (1 e 8 horas), NO_2 (1 hora), MP (diária e anual), SO_2 (diária e anual), HC (1 hora).

O modelo AERMOD foi utilizado para simulações de emissões de veículos automotores provenientes de túneis, transformando as emissões em fontes tipo volume

II.3.1 Emissões de Veículos

Os fatores médios de emissão, já ponderados pelos fluxos de veículos leves e pesados (Otto e Diesel) em cada rodovia, foram baseados nos seguintes critérios:

- Monóxido de Carbono (CO): fator de emissão (gramas por veículo-milha) que resulte na máxima emissão horária (gramas por hora-milha), obtido através da multiplicação de volume médio de veículos por hora (v/h) e fator de emissão correspondente (g/v-milha) correspondente a cada período do dia (1:00 as 24:00 horas).
- Hidrocarbonetos (HC): fator de emissão (gramas por veículo-milha) que resulte na máxima emissão horária (gramas por hora-milha), obtido através da multiplicação de volume médio de veículos por hora (v/h) e fator de emissão correspondente (g/v-milha) correspondente a cada período do dia (1:00 as 24:00 horas).
- Óxidos de Nitrogênio (NO_x): fator de emissão (gramas por veículo-milha) que resulte na máxima emissão horária (gramas por hora-milha), obtido através da multiplicação de volume médio de veículos por hora (v/h) e fator de emissão correspondente (g/v-milha) correspondente a cada período do dia (1:00 as 24:00 horas).
- Material Particulado (MP): fator de emissão (gramas por veículo-milha) correspondente ao volume médio de veículos (veículos por hora) do dia.
- Óxidos de Enxofre (SO_x): fator de emissão (gramas por veículo-milha) correspondente ao volume médio de veículos (veículos por hora) do dia.

Observe-se que o pacote CalRoadsView não possui opção para uso de unidade de distância no sistema métrico, motivo pelo qual os fatores de emissão foram convertidos para gramas de poluente por veículo por milha de rodovia.

Para as simulações das concentrações de monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrogênio (NO_2) e hidrocarbonetos totais (HC), que se referem a períodos curtos (1 e 8 horas) foram utilizados os volumes de tráfego do horário de pico. No caso do material particulado (MP) e dióxido de enxofre (SO_2), cujas concentrações se referem a períodos longos (diário e anual), foram utilizados os valores do tráfego médio.

II.3.2 Simulação de Trechos e Túneis

Simulação de Trechos

Os modelos Caline4 e Cal3QHCR trabalham com fontes tipo "linha" que são representados por vetores, sendo que uma curva pode ser representada por um, dois ou mais vetores. Porém o modelo foi concebido para avaliação de impactos de trechos curtos onde há máxima contribuição e/ou de interesse, nestas condições a quantidade de vetores está limitada a 20. Assim, devido à impossibilidade de simulação de todo o trecho e considerando que em sub-trechos que apresentem mesmo volume de tráfego e mesmas condições meteorológicas, os resultados da modelagem serão similares, optou-se por escolher os sub-trechos mais significativos do ponto de vista do carregamento e traçado da via, distribuídos ao longo de todo o Trecho Norte, considerando-se que as contribuições neles calculadas serão representativas de todo o trecho em questão. Com base nestes preceitos, foram selecionados os três cruzamentos principais (máximo volume de tráfego) e dois segmentos (um quase reto e outro em forma de S) para melhor representação, identificados de 01 a 06, iniciando no município de São Paulo e terminando no de Arujá, conforme indicado na figura a seguir.

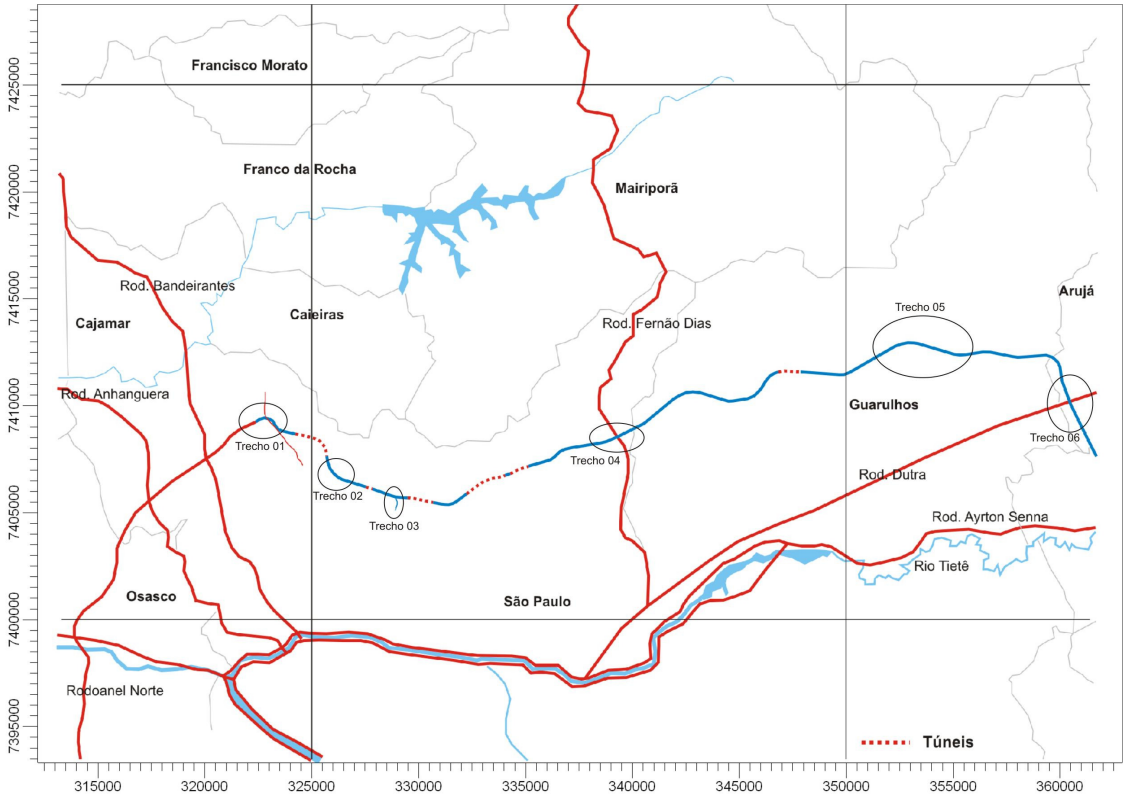


Figura II.2 - Trechos para Simulação nos Modelos de Dispersão

Simulação de Túneis

As emissões decorrentes da movimentação dos veículos automotores no interior de cada túnel são liberadas para o ambiente no desemboque do túnel e são emitidas como jatos, que podem ter comprimento de 30 a 320 metros, dependendo das condições meteorológicas e características do túnel, conforme o estudo "Air Quality Impact Assessment – Vic Park Tunnel Project, Auckland, New Zealand, de Junho 2006". A agência "Higways Department – Hong Kong Goverment" aplicou no estudo de modelagem atmosférica (ISCST3) da saída do túnel do Projeto "Route 9 between Tsing Yi and Cheung Sha Wan Detailed Feasibilty Study August 1999" o comprimento de jato de 100 metros, representado como série de fontes volumes.

As simulações de túneis foram realizadas utilizando modelo AERMOD nas seguintes condições técnicas:

- As emissões de veículos automotores das saídas dos túneis (sentido de fluxo) como fontes volumes de 100 metros de comprimento;
- As emissões de veículos nas entradas e saídas dos túneis como fontes linhas;
- Simulação para cada túnel (total de 5 simulações);

- Dados meteorológicos do Aeroporto de Guarulhos (2005 a 2009);
- Topografia: opção de terreno complexo;
- As contribuições de NO_2 (dióxido de nitrogênio) foram determinadas utilizando o método PVMRM (Plume Volume Molar Ratio Method), que consiste na aplicação de algoritmos para conversão de NOx para NO_2, este método faz parte da opção de modelagem de NOx no AERMOD. Para simulação foram utilizados "NO_2/NOx – 0.90" (guideline), "In-Stack NO_2/NOx Ratio – 0.075" (referencia Hong Kong Environmental Protection Department) e "Ozone Value – 42,7 ppb" (médias das concentrações horárias máximas das estações de monitoramento da CETESB);
- Emissões horárias variáveis de veículos automotores no decorrer do dia (1:00 as 24:00 horas).

Com base nestes preceitos, foram selecionadas cinco simulações dos seis túneis identificados de 01 a 06, iniciando no município de São Paulo e terminando no de Guarulhos, conforme indicado na figura a seguir. Os túneis 04 e 05 foram modelados simultaneamente devido à distância entre as saídas ser relativamente curta.

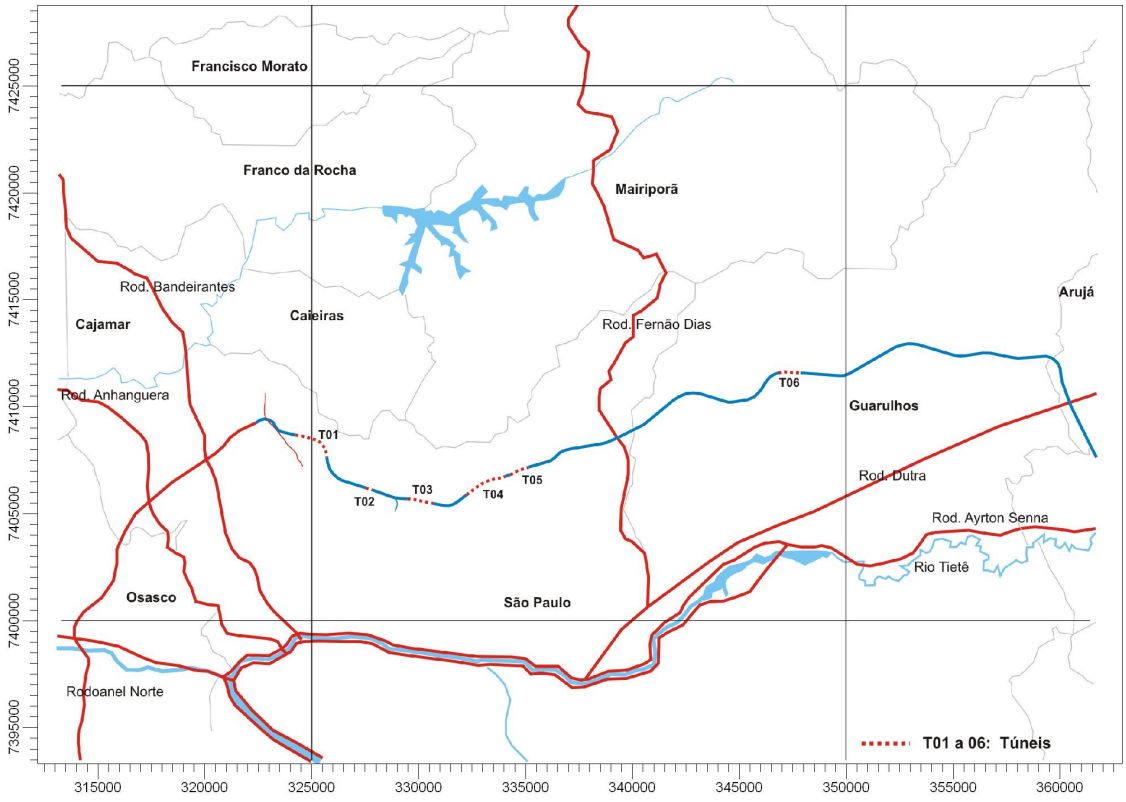


Figura II.3 - Túneis para Simulação nos Modelos de Dispersão

Diferentemente do pacote CalRoadsView, o AERMOD permite a simulação das contribuições de emissões na qualidade do ar considerando a topografia local, o que foi particularmente importante neste estudo devido à disponibilidade de séries de cinco anos de dados meteorológicos apenas do Aeroporto de Cumbica, no formato requerido para esta modelagem. Assim, foi feita uma modelagem simplificada da topografia ao longo do Trecho Norte do Rodoanel, conforme mostrado na figura II.4.

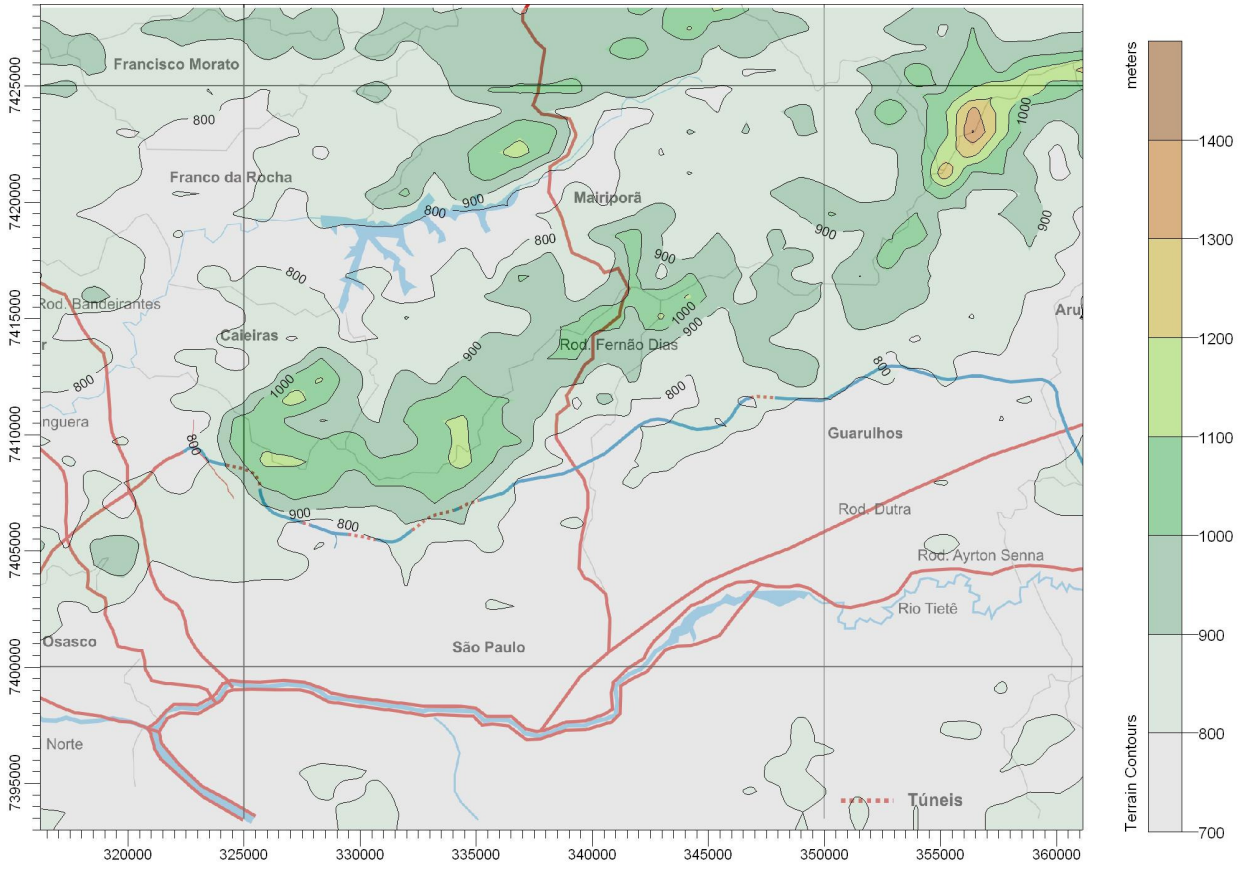


Figura II.4 - Curvas de Nível da Região do Estudo de Dispersão (metros em relação ao nível do mar)

II.3.3 Fontes Linha e Receptores para os Trechos da Simulação

As fontes linha de cada trecho da simulação para modelos CALINE4 e CAL3HQCR estão apresentadas nos quadros a seguir. Cada sentido da rodovia é representado por grupos

de fontes linha denominados de G01, G02, G03 e G04 indicados nos mapas das figuras a seguir, sendo que cada grupo é constituído por mais de uma fonte linha correspondente a cada vetor indicado em azul, determinada conforme o traçado da via apresente características diversas e assim o exija.

A largura da Zona de Mistura de uma rodovia é definida pela largura total da pista de rolamento de cada sentido, acrescida de 3 metros para cada lado.

Quadro II.1 - Grupo de Fontes Linha – Trecho 01

Grupo		Coordenada UTM Inicial (m)		Coordenada UTM Final (m)		Largura da Mistura (m)
G01	1	321634	7408747	322500	7409273	20,4
	2	322500	7409273	322851	7409345	20,4
	3	322851	7409345	323091	7409222	20,4
	4	323091	7409222	323374	7408826	20,4
	5	323374	7408826	323474	7408767	20,4
	6	323474	7408767	323981	7408643	20,4
G02	7	323984	7408667	323462	7408806	20,4
	8	323462	7408806	323381	7408866	20,4
	9	323381	7408866	323099	7409264	20,4
	10	323099	7409264	322836	7409371	20,4
	11	322836	7409371	322467	7409290	20,4
	12	322467	7409290	321617	7408774	20,4
G03	13	322753	7410406	322750	7409541	13,2
	14	322750	7409541	322831	7409365	13,2
	15	322831	7409365	323214	7408982	13,2
	16	323214	7408982	323482	7408561	13,2
G04	17	323497	7408581	323214	7409011	13,2
	18	323214	7409011	322851	7409362	13,2
	19	322851	7409362	322761	7409547	13,2
	20	322761	7409547	322776	7410406	13,2

Nota: G01 – Pista interna do Rodoanel; G02 – Pista externa do Rodoanel; G03 – Trecho da Av. Raimundo Magalhães no sentido da Capital; G04 – Av. Raimundo Magalhães no sentido do Interior

Quadro II.2 - Grupo de Fontes Linha – Trecho 02

Grupo		Coordenada UTM Inicial (m)		Coordenada UTM Final (m)		Largura da Mistura (m)
G01	1	325674	7407403	325791	7407068	20,4
	2	325791	7407068	325896	7406875	20,4
	3	325896	7406875	326057	7406700	20,4
	4	326057	7406700	326264	7406544	20,4
	5	326264	7406544	326417	7406475	20,4
	6	326417	7406475	326595	7406413	20,4
	7	326595	7406413	326977	7406304	20,4
G02	8	326984	7406326	326562	7406449	20,4
	9	326562	7406449	326395	7406511	20,4
	10	326395	7406511	326231	7406598	20,4
	11	326231	7406598	326024	7406773	20,4
	12	326024	7406773	325911	7406908	20,4
	13	325911	7406908	325809	7407086	20,4
	14	325809	7407086	325747	7407261	20,4
	15	325747	7407261	325700	7407406	20,4

Nota: G01 – Pista interna do Rodoanel; G02 – Pista externa do Rodoanel;

Quadro II.3- Grupo de Fontes Linha – Trecho 03

Grupo		Coordenada UTM Inicial (m)		Coordenada UTM Final (m)		Largura da Mistura (m)
G01	1	327998	7405985	328795	7405704	20,4
	2	328795	7405704	328915	7405669	20,4
	3	328915	7405669	329000	7405651	20,4
	4	329000	7405651	329392	7405645	20,4
G02	5	329398	7405674	328988	7405680	20,4
	6	328988	7405680	328909	7405698	20,4
	7	328909	7405698	328800	7405730	20,4
	8	328800	7405730	327998	7406014	20,4
G03	9	328900	7405677	328991	7405408	13,2
	10	328991	7405408	328885	7405027	13,2
	11	328885	7405027	328906	7404931	13,2
	12	328906	7404931	328894	7404814	13,2
G04	13	328918	7404819	328921	7404954	13,2
	14	328921	7404954	328906	7405024	13,2
	15	328906	7405024	329017	7405414	13,2
	16	329017	7405414	328921	7405677	13,2

Nota: G01 – Pista interna do Rodoanel; G02 – Pista externa do Rodoanel; G03 – Trecho da Av. Inajar no sentido da Capital; G04 – Av. Inajar no sentido do Interior

Quadro II.4 - Grupo de Fontes Linha – Trecho 04

Grupo		Coordenada UTM Inicial (m)		Coordenada UTM Final (m)		Largura da Mistura (m)
G01	1	338203	7408145	338552	7408198	20,4
	2	338552	7408198	338798	7408266	20,4
	3	338798	7408266	339307	7408490	20,4
	4	339307	7408490	339998	7408822	16,8
	5	339998	7408822	340387	7409036	16,8
G02	6	340383	7409064	339920	7408811	16,8
	7	339920	7408811	339297	7408515	16,8
	8	339297	7408515	338851	7408316	20,4
	9	338851	7408316	338591	7408237	20,4
	10	338591	7408237	338206	7408173	20,4
G03	11	338509	7409591	338691	7409189	20,4
	12	338691	7409189	339265	7408505	20,4
	13	339265	7408505	339489	7408202	20,4
	14	339489	7408202	339671	7407853	20,4
	15	339671	7407853	339774	7407532	20,4
G04	16	339795	7407536	339685	7407881	20,4
	17	339685	7407881	339510	7408234	20,4
	18	339510	7408234	339304	7408508	20,4
	19	339304	7408508	338702	7409217	20,4
	20	338702	7409217	338538	7409599	20,4

Nota: G01 – Pista interna do Rodoanel; G02 – Pista externa do Rodoanel; G03 – Trecho da Rodovia Fernão Dias no sentido da Capital; G04 – Rodovia Fernão Dias no sentido do Interior

Quadro II.5 - Grupo de Fontes Linha – Trecho 05

Grupo		Coordenada UTM Inicial (m)		Coordenada UTM Final (m)		Largura da Mistura (m)
G01	1	351404	7412162	352453	7412749	16,8
	2	352453	7412749	352701	7412833	16,8
	3	352701	7412833	352999	7412883	16,8
	4	352999	7412883	353192	7412892	16,8
	5	353192	7412892	353397	7412862	16,8
	6	353397	7412862	353796	7412758	16,8
	7	353796	7412758	354996	7412380	16,8
	8	354996	7412380	355198	7412325	16,8
	9	355198	7412325	355395	7412304	16,8
G02	10	355395	7412329	355180	7412356	16,8
	11	355180	7412356	354980	7412408	16,8
	12	354980	7412408	353707	7412805	16,8
	13	353707	7412805	353346	7412902	16,8
	14	353346	7412902	353043	7412911	16,8
	15	353043	7412911	352709	7412860	16,8
	16	352709	7412860	352512	7412802	16,8
	17	352512	7412802	352188	7412638	16,8
	18	352188	7412638	351408	7412189	16,8

Nota: G01 – Pista interna do Rodoanel; G02 – Pista externa do Rodoanel

Quadro II.6 - Grupo de Fontes Linha – Trecho 06

Grupo		Coordenada UTM Inicial (m)		Coordenada UTM Final (m)		Largura da Mistura (m)
G01	1	360145	7411596	360199	7411193	16,8
	2	360199	7411193	360356	7410712	16,8
	3	360356	7410712	360632	7410004	16,8
	4	360632	7410004	361408	7408432	16,8
G02	5	361423	7408442	360656	7410014	16,8
	6	360656	7410014	360371	7410731	16,8
	7	360371	7410731	360219	7411203	16,8
	8	360219	7411203	360170	7411601	16,8
G03	9	362194	7410407	360961	7410117	16,8
	10	360961	7410117	360636	7410014	16,8
	11	360636	7410014	359015	7409518	16,8
G04	12	359020	7409479	360651	7409985	16,8
	13	360651	7409985	361010	7410093	16,8
	14	361010	7410093	362189	7410368	16,8

Nota: G01 – Pista interna do Rodoanel; G02 – Pista externa do Rodoanel; G03 – Trecho da Rodovia Dutra no sentido da Interior; G04 – Rodovia Dutra no sentido da Capital

As figuras a seguir apresentam os grupos de fontes linha dos seis trechos estudados e os receptores (espaçados em malha de 200 por 200 metros).

Figura II.5 - Grupo de Fontes Linha e Receptores – Trecho 01 (CALINE4 e CAL3QHCR)

Figura II.6 - Grupo de Fontes Linha e Receptores – Trecho 02 (CALINE4 e CAL3QHCR)

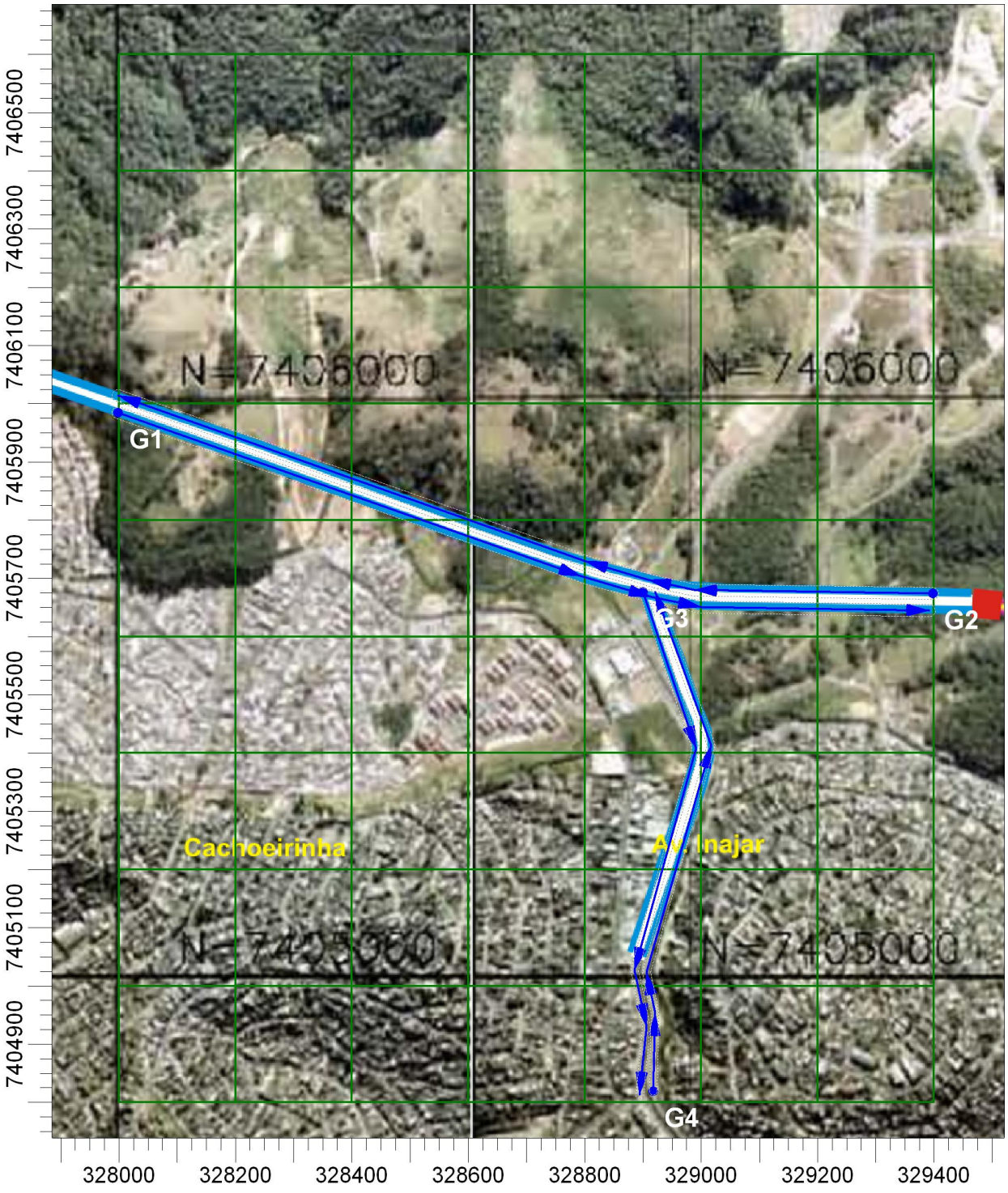


Figura II.7 - Grupo de Fontes Linha e Receptores – Trecho 03 (CALINE4 e CAL3QHCR)

Figura II.8 - Grupo de Fontes Linha e Receptores – Trecho 04 (CALINE4 e CAL3QHCR)

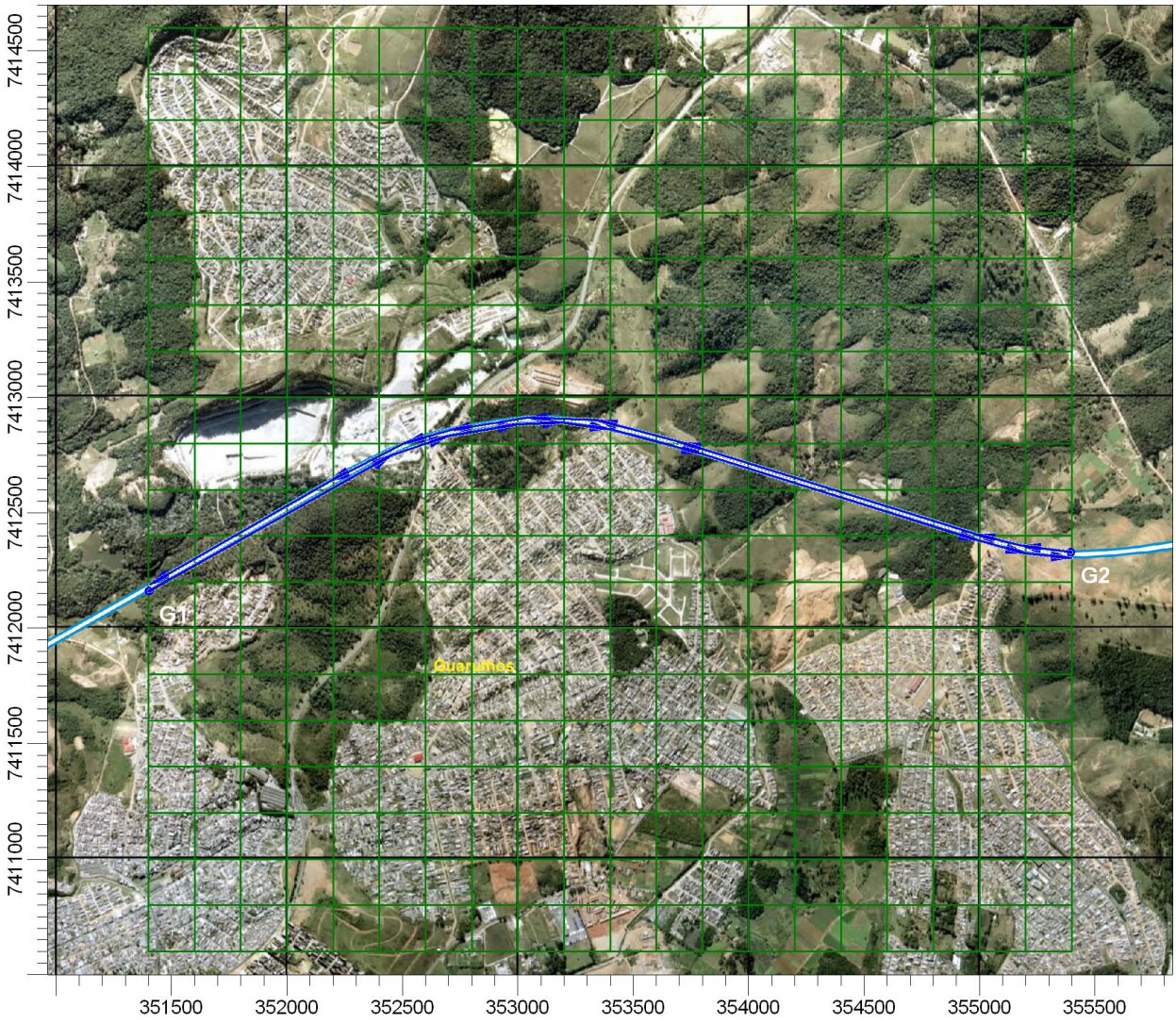


Figura II.9 - Grupo de Fontes Linha e Receptores – Trecho 05 (CALINE4 e CAL3QHCR)

Figura II.10 - Grupo de Fontes Linha e Receptores – Trecho 06 (CALINE4 e CAL3QHCR)

II.3.4 Fontes Volumes (Túneis) e Receptores para os Trechos da Simulação

As fontes volumes de cada túnel da simulação para modelo AERMOD estão apresentadas nos quadros a seguir. Cada saída do túnel é representada por cinco fontes volumes e por fontes linhas na entrada e saída.

Quadro II.7 - Grupo de Fontes Volume e Linha – Túnel 01

Fonte		Coordenada UTM			Volume	
		X	Y	Z	Largura (m)	Altura (m)
Volume (Pista Interna Rodoanel)	101	325653	7407571	861	20	7
	102	325655	7407551	862	20	7
	103	325657	7407530	863	20	7
	104	325659	7407510	864	20	7
	105	325660	7407491	865	20	7
Volume (Pista Externa Rodoanel)	106	324179	7408634	835	20	7
	107	324158	7408638	834	20	7
	108	324138	7408643	833	20	7
	109	324118	7408649	832	20	7
	110	324097	7408654	831	20	7
Linha (Lado Leste do Túnel)	inicio	325669	7407578	861	40,8	3,5
	fim	325784	7407096	861	40,8	3,5
Linha (Lado Oeste do Túnel)	inicio	324189	7408613	835	40,8	3,5
	fim	324700	7408723	810	40,8	3,5

Quadro II.8 - Grupo de Fontes Volume e Linha – Túnel 02

Fonte		Coordenada UTM			Volume	
		X	Y	Z	Largura (m)	Altura (m)
Volume (Pista Interna Rodoanel)	201	327859	7406035	779	20	7
	202	327880	7406026	779	20	7
	203	327900	7406019	778	20	7
	204	327920	7406012	778	20	7
	205	327941	7406006	777	20	7
Volume (Pista Externa Rodoanel)	206	327507	7406168	786	20	7
	207	327487	7406174	786	20	7
	208	327466	7406181	787	20	7
	209	327446	7406188	787	20	7
	210	327426	7406195	788	20	7
Linha (Lado Leste do Túnel)	inicio	327854	7406050	779	40,8	3,5
	fim	327326	7405885	769	40,8	3,5
Linha (Lado Oeste do Túnel)	inicio	327512	7406147	786	40,8	3,5
	fim	327033	7406292	796	40,8	3,5

Quadro II.9 - Grupo de Fontes Volume e Linha – Túnel 03

Fonte		Coordenada UTM			Volume	
		X	Y	Z	Largura (m)	Altura (m)
Volume (Pista Interna Rodoanel)	301	330724	7405413	780	20	7
	302	330744	7405407	782	20	7
	303	330764	7405403	783	20	7
	304	330784	7405401	785	20	7
	305	330803	7405396	787	20	7
Volume (Pista Externa Rodoanel)	306	329456	7405676	767	20	7
	307	329436	7405676	766	20	7
	308	329416	7405675	765	20	7
	309	329396	7405675	763	20	7
	310	329376	7405675	762	20	7
Linha (Lado Leste do Túnel)	inicio	330712	7405426	780	40,8	3,5
	fim	331204	7405330	822	40,8	3,5
Linha (Lado Oeste do Túnel)	inicio	329471	7405659	767	40,8	3,5
	fim	328973	7405672	737	40,8	3,5

Quadro II.10 - Grupo de Fontes Volume e Linha – Túnel 04 e 05

Fonte		Coordenada UTM			Volume	
		X	Y	Z	Largura (m)	Altura (m)
Túnel 04, Volume (Pista Interna Rodoanel)	401	334121	7406680	840	20	7
	402	334141	7406685	840	20	7
	403	334162	7406694	840	20	7
	404	334182	7406701	840	20	7
	405	334202	7406708	840	20	7
Túnel 05, Volume (Pista Interna Rodoanel)	406	332237	7405836	805	20	7
	407	332217	7405821	803	20	7
	408	332197	7405806	801	20	7
	409	332177	7405790	799	20	7
	410	332156	7405774	797	20	7
Linha (Entre Túnel 04 e 05)	inicio	334108	7406689	840	40,8	3,5
	fim	304308	7406761	836	40,8	3,5
Túnel 05, Volume (Pista Externa Rodoanel)	501	335208	7407109	807	20	7
	502	335228	7407114	806	20	7
	503	335248	7407120	805	20	7
	504	335268	7407125	803	20	7
	505	335288	7407130	802	20	7
Túnel 04, Volume (Pista Externa Rodoanel)	506	334293	7406773	836	20	7
	507	334273	7406766	836	20	7
	508	334253	7406759	837	20	7
	509	334233	7406752	877	20	7
	510	334213	7406745	838	20	7
Linha (Lado Leste do Túnel 5)	inicio	335190	7407119	807	40,8	3,5
	fim	335674	7407248	777	40,8	3,5
Linha (Lado Oeste do Túnel 4)	inicio	332253	7405830	805	40,8	3,5
	fim	331857	7405525	763	40,8	3,5

Quadro II.11 - Grupo de Fontes Linha – Túnel 06

Fonte		Coordenada UTM			Volume	
		X	Y	Z	Largura (m)	Altura (m)
Volume (Pista Interna Rodoanel)	601	347933	7411513	795	20	7
	602	347954	7411511	795	20	7
	603	347975	7411509	795	20	7
	604	347995	7411508	795	20	7
	605	348015	7411506	795	20	7
Volume (Pista Externa Rodoanel)	606	346826	7411543	798	20	7
	607	346806	7411535	798	20	7
	608	346785	7411527	798	20	7
	609	346765	7411520	798	20	7
	610	346745	7411513	798	20	7
Linha (Lado Leste do Túnel)	inicio	347927	7411523	795	33,6	3,5
	fim	348424	7411482	795	33,6	3,5
Linha (Lado Oeste do Túnel)	inicio	346838	7411529	798	33,6	3,5
	fim	346405	7411287	798	33,6	3,5

As figuras a seguir apresentam os grupos de fontes volume e linha dos seis túneis estudados e os receptores (espaçados em malha de 200 por 200 metros).

Figura II.11 - Grupo de Fontes Linha e Receptores – Túnel 01 (AERMOD)

Figura II.12 - Grupo de Fontes Linha e Receptores – Túnel 02 (AERMOD)

Figura II.13 - Grupo de Fontes Linha e Receptores – Túnel 03 (AERMOD)

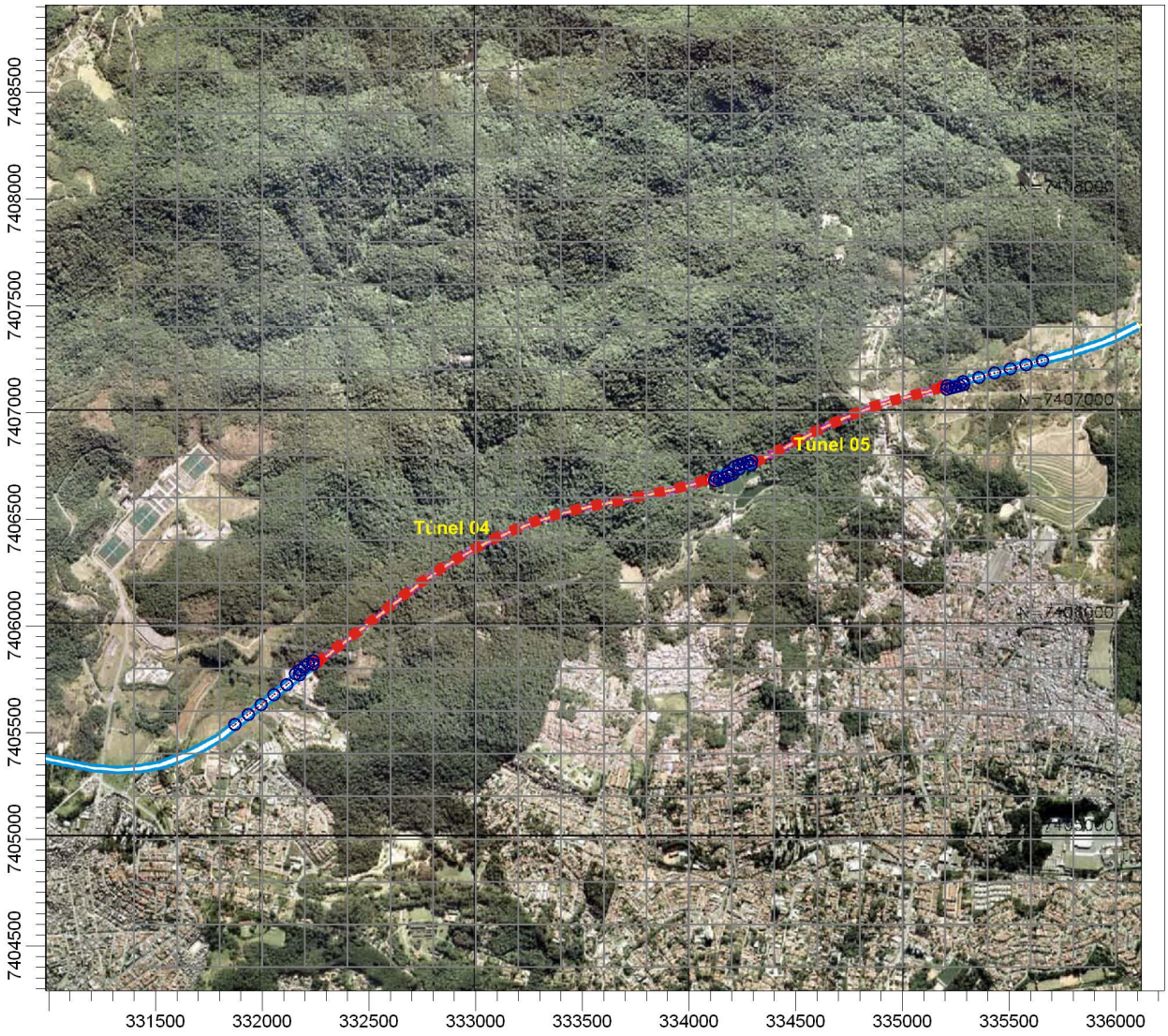


Figura II.14 - Grupo de Fontes Linha e Receptores – Túnel 04 e 05 (AERMOD)

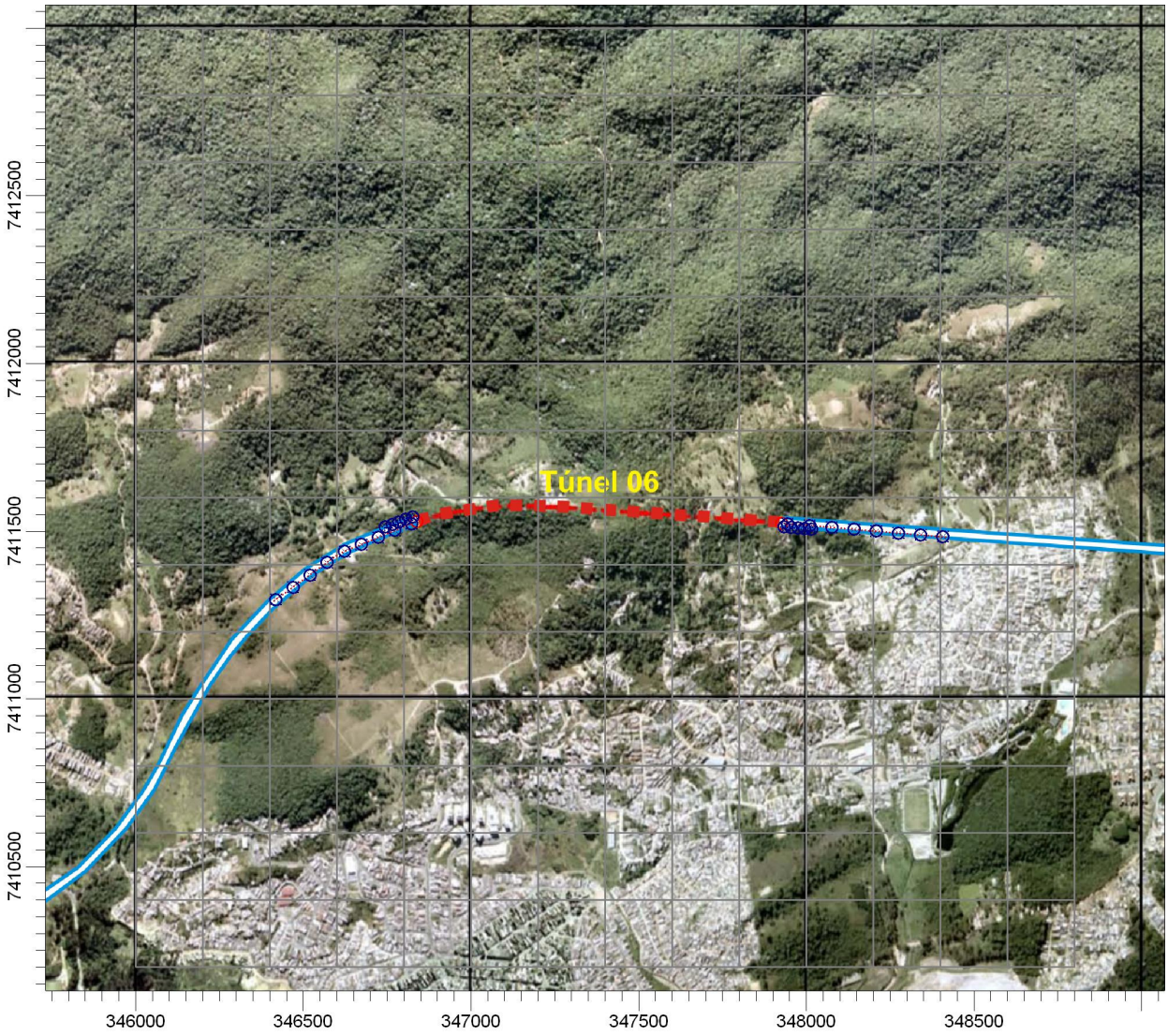


Figura II.15 - Grupo de Fontes Linha e Receptores – Túnel 06 (AERMOD)

II.3.5 Emissões de Poluentes e Volume Tráfego de Veículos nas Pistas

As emissões de poluentes atmosféricos e volumes de tráfego de veículos nas pistas das rodovias utilizados nos modelos CALINE4 e CAL3HQCR foram calculados conforme a metodologia exposta no volume do EIA e estão apresentados nos quadros a seguir.

Quadro II.12 – Veículos e Emissões Atmosféricas – Trecho 01: 2014

Grupo		Veiculo (v/h)	Emissão (g/v-milha)				
			CO	HC	NO_x	MP	SO_x
G01	1 – 2	1517	9,32	2,07	6,59	0,42	0,37
	3 – 6	1762	9,32	2,07	6,59	0,42	0,37
G02	7 – 10	1762	9,32	2,07	6,59	0,42	0,37
	11 – 12	1517	9,32	2,07	6,59	0,42	0,37
G03	13 – 14	1320	9,32	2,07	6,59	0,42	0,37
	15 – 16	943	9,32	2,07	6,59	0,42	0,37
G04	17 – 18	943	9,32	2,07	6,59	0,42	0,37
	19 – 20	1320	9,32	2,07	6,59	0,42	0,37

Nota: G01 – Pista interna do Rodoanel; G02 – Pista externa do Rodoanel; G03 – Trecho da Av. Raimundo Magalhães no sentido da Capital; G04 – Trecho da Av. Raimundo Magalhães no sentido do Interior

Quadro II.13 - Veículos e Emissões Atmosféricas – Trecho 02: 2014

Grupo		Veiculo (v/h)	Emissão (g/v-milha)				
			CO	HC	NO_x	MP	SO_x
G01	1 – 7	1762	9,32	2,07	6,59	0,42	0,37
G02	8 – 14	1762	9,32	2,07	6,59	0,42	0,37

Nota: G01 – Pista interna do Rodoanel; G02 – Pista externa do Rodoanel

Quadro II.14 - Veículos e Emissões Atmosféricas – Trecho 03: 2014

Grupo		Veiculo (v/h)	Emissão (g/v-milha)				
			CO	HC	NO_x	MP	SO_x
G01	1 – 2	1762	9,32	2,07	6,59	0,42	0,37
	3 – 4	1760	9,41	2,09	6,87	0,43	0,39
G02	5 – 6	1760	9,41	2,09	6,87	0,43	0,39
	7 – 8	1762	9,32	2,07	6,59	0,42	0,37
G03	9 – 12	1931	9,41	2,09	6,87	0,43	0,39
G04	13 – 16	1931	9,41	2,09	6,87	0,43	0,39

Nota: G01 – Pista interna do Rodoanel; G02 – Pista externa do Rodoanel; G03 – Trecho da Av. Inajar no sentido da Capital; G04 – Trecho da Av. Inajar no sentido do Interior

Quadro II.15 - Veículos e Emissões Atmosféricas – Trecho 04: 2014

Grupo		Veiculo (v/h)	Emissão (g/v-milha)				
			CO	HC	NO_x	MP	SO_x
G01	1 – 3	1760	9,41	2,09	6,87	0,43	0,39
	4 – 5	833	9,51	2,12	7,21	0,45	0,41
G02	6 – 7	833	9,51	2,12	7,21	0,45	0,41
	8 – 10	1760	9,41	2,09	6,87	0,43	0,39
G03	11 -12	3120	9,51	2,12	7,21	0,45	0,41
	13 – 15	3126	9,51	2,12	7,21	0,45	0,41
G04	16 – 18	3126	9,51	2,12	7,21	0,45	0,41
	19 – 20	3120	9,51	2,12	7,21	0,45	0,41

Nota: G01 – Pista interna do Rodoanel; G02 – Pista externa do Rodoanel; G03 – Trecho da Rodovia Fernão Dias no sentido da Capital; G04 – Trecho da Rodovia Fernão Dias no sentido do Interior

Quadro II.16 - Veículos e Emissões Atmosféricas – Trecho 05: 2014

Grupo		Veiculo (v/h)	Emissão (g/v-milha)				
			CO	HC	NO_x	MP	SO_x
G01	1 – 9	670	9,83	2,2	8,26	0,51	0,47
G02	10 – 18	670	9,83	2,2	8,26	0,51	0,47

Nota: G01 – Pista interna do Rodoanel; G02 – Pista externa do Rodoanel

Quadro II.17 - Veículos e Emissões Atmosféricas – Trecho 06: 2014

Grupo		Veiculo (v/h)	Emissão (g/v-milha)				
			CO	HC	NO_x	MP	SO_x
G01	1 – 3	670	9,83	2,2	8,26	0,51	0,47
	4	145	9,83	2,2	8,26	0,51	0,47
G02	5	145	9,83	2,2	8,26	0,51	0,47
	6 – 8	670	9,83	2,2	8,26	0,51	0,47
G03	9 – 10	3345	9,83	2,2	8,26	0,51	0,47
	11	4084	9,83	2,2	8,26	0,51	0,47
G04	12	4084	9,83	2,2	8,26	0,51	0,47
	13 – 14	3345	9,83	2,2	8,26	0,51	0,47

Nota: G01 – Pista interna do Rodoanel; G02 – Pista externa do Rodoanel; G03 – Trecho da Rodovia Dutra no sentido da Capital; G04 – Trecho da Rodovia Dutra no sentido do Interior

Quadro II.18 - Volumes de Veículos (v/h) – Trecho 01: 2024

Grupo		Veiculo (v/h)	Emissão (g/v-milha)				
			CO	HC	NO_x	MP	SO_x
G01	1 – 2	2812	5,14	1,35	2,99	0,13	0,06
	3 – 6	3150	5,14	1,35	2,99	0,13	0,06
G02	7 – 10	3150	5,14	1,35	2,99	0,13	0,06
	11 – 12	2812	5,14	1,35	2,99	0,13	0,06
G03	13 – 14	1630	5,14	1,35	2,99	0,13	0,06
	15 – 16	1282	5,14	1,35	2,99	0,13	0,06
G04	17 – 18	1282	5,14	1,35	2,99	0,13	0,06
	19 – 20	1630	5,14	1,35	2,99	0,13	0,06

Nota: G01 – Pista interna do Rodoanel; G02 – Pista externa do Rodoanel; G03 – Trecho da Av. Raimundo Magalhães no sentido da Capital; G04 – Trecho da Av. Raimundo Magalhães

Quadro II.19 - Volumes de Veículos (v/h) – Trecho 02: 2024

Grupo		Veiculo (v/h)	Emissão (g/v-milha)				
			CO	HC	NO_x	MP	SO_x
G01	1 – 7	3150	5,14	1,35	2,99	0,13	0,06
G02	8 – 14	3150	5,14	1,35	2,99	0,13	0,06

Nota: G01 – Pista interna do Rodoanel; G02 – Pista externa do Rodoanel

Quadro II.20 - Volumes de Veículos (v/h) – Trecho 03: 2024

Grupo		Veiculo (v/h)	Emissão (g/v-milha)				
			CO	HC	NO_x	MP	SO_x
G01	1 – 2	3150	5,14	1,35	2,99	0,13	0,06
	3 – 4	3157	5,23	1,37	3,11	0,14	0,07
G02	5 – 6	3157	5,23	1,37	3,11	0,14	0,07
	7 – 8	3150	5,14	1,35	2,99	0,13	0,06
G03	9 – 12	3511	5,23	1,37	3,11	0,14	0,07
G04	13 – 16	3511	5,23	1,37	3,11	0,14	0,07

Nota: G01 – Pista interna do Rodoanel; G02 – Pista externa do Rodoanel; G03 – Trecho da Av. Inajar no sentido da Capital; G04 – Trecho da Av. Inajar no sentido do Interior

Quadro II.21 - Volumes de Veículos (v/h) – Trecho 04: 2024

Grupo		Veiculo (v/h)	Emissão (g/v-milha)				
			CO	HC	NO_x	MP	SO_x
G01	1 – 3	3157	5,23	1,37	3,11	0,14	0,07
	4 – 5	1721	5,39	1,39	3,32	0,14	0,07
G02	6 – 7	1721	5,39	1,39	3,32	0,14	0,07
	8 – 10	3157	5,23	1,37	3,11	0,14	0,07
G03	11 -12	4024	5,39	1,39	3,32	0,14	0,07
	13 – 15	4286	5,39	1,39	3,32	0,14	0,07
G04	16 – 18	4286	5,39	1,39	3,32	0,14	0,07
	19 – 20	4024	5,39	1,39	3,32	0,14	0,07

Nota: G01 – Pista interna do Rodoanel; G02 – Pista externa do Rodoanel; G03 – Trecho da Rodovia Fernão Dias no sentido da Capital; G04 – Trecho da Rodovia Fernão Dias no sentido do Interior

Quadro II.22 - Volumes de Veículos (v/h) – Trecho 05: 2024

Grupo		Veiculo (v/h)	Emissão (g/v-milha)				
			CO	HC	NO_x	MP	SO_x
G01	1 – 9	1421	5,60	1,43	3,59	0,15	0,08
G02	10 – 18	1421	5,60	1,43	3,59	0,15	0,08

Nota: G01 – Pista interna do Rodoanel; G02 – Pista externa do Rodoanel

Quadro II.23 - Volumes de Veículos (v/h) – Trecho 06: 2024

Grupo		Veiculo (v/h)	Emissão (g/v-milha)				
			CO	HC	NO_x	MP	SO_x
G01	1 – 3	1421	5,60	1,43	3,59	0,15	0,08
	4	352	5,60	1,43	3,59	0,15	0,08
G02	5	352	5,60	1,43	3,59	0,15	0,08
	6 – 8	1421	5,60	1,43	3,59	0,15	0,08
G03	9 – 10	4466	5,60	1,43	3,59	0,15	0,08
	11	5070	5,60	1,43	3,59	0,15	0,08
G04	12	5070	5,60	1,43	3,59	0,15	0,08
	13 – 14	4466	5,60	1,43	3,59	0,15	0,08

Nota: G01 – Pista interna do Rodoanel; G02 – Pista externa do Rodoanel; G03 – Trecho da Rodovia Dutra no sentido da Capital; G04 – Trecho da Rodovia Dutra no sentido do Interior

II.3.6 Emissões de Poluentes e Volume Tráfego de Veículos nos Túneis e nas Pistas

As emissões de poluentes atmosféricos e volumes de tráfego de veículos nos túneis e nas pistas das rodovias utilizados no modelo AERMOD foram calculados conforme a metodologia exposta no volume do EIA e estão apresentados nos quadros a seguir.

Quadro II.24 – Veículos e Emissões Atmosféricas no Trecho Entre Av. Raimundo Magalhães e Av. Inajar : 2014

Horas	Veículos (v/h)	Emissão Média (g/s-km)				
		CO	HC	NOx	MP	SO_2
1	244	0,433	0,097	0,408	0,025	0,023
2	195	0,362	0,082	0,377	0,023	0,022
3	162	0,311	0,070	0,348	0,021	0,020
4	183	0,358	0,081	0,417	0,025	0,024
5	572	1,107	0,251	1,266	0,075	0,074
6	1615	2,933	0,660	2,932	0,177	0,169
7	2854	4,788	1,068	3,886	0,240	0,222
8	3059	4,857	1,076	3,259	0,207	0,183
9	2405	3,771	0,834	2,404	0,154	0,134
10	2719	4,393	0,975	3,147	0,198	0,178
11	2468	4,026	0,894	2,982	0,187	0,169
12	2400	3,904	0,867	2,863	0,180	0,162
13	2211	3,595	0,798	2,635	0,165	0,149
14	2335	3,856	0,858	2,976	0,185	0,169
15	2550	4,168	0,926	3,109	0,195	0,176
16	2861	4,651	1,033	3,406	0,214	0,193
17	3647	5,852	1,297	4,086	0,258	0,230
18	3836	5,869	1,293	3,359	0,220	0,186
19	2977	4,427	0,972	2,187	0,147	0,119
20	2082	3,010	0,658	1,246	0,087	0,066
21	1129	1,684	0,370	0,846	0,057	0,046
22	730	1,145	0,253	0,734	0,047	0,041
23	453	0,737	0,164	0,541	0,034	0,031
24	347	0,634	0,143	0,641	0,039	0,037

Quadro II.25 – Veículos e Emissões Atmosféricas no Trecho Entre Av. Inajar e Rod. Fernão Dias: 2014

Horas	Veículos (v/h)	Emissão Média (g/s-km)				
		CO	HC	NOx	MP	SO_2
1	248	0,442	0,099	0,426	0,026	0,025
2	199	0,371	0,084	0,394	0,024	0,023
3	166	0,321	0,073	0,364	0,022	0,021
4	188	0,370	0,084	0,436	0,026	0,025
5	587	1,144	0,259	1,323	0,079	0,077
6	1641	3,005	0,677	3,062	0,184	0,177
7	2867	4,857	1,084	4,055	0,250	0,232
8	3051	4,888	1,084	3,396	0,215	0,191
9	2395	3,788	0,838	2,504	0,160	0,140
10	2717	4,432	0,985	3,281	0,206	0,186
11	2470	4,067	0,905	3,110	0,194	0,177
12	2401	3,942	0,877	2,985	0,187	0,169
13	2212	3,630	0,807	2,747	0,172	0,156
14	2341	3,902	0,869	3,104	0,193	0,177
15	2553	4,212	0,937	3,242	0,202	0,184
16	2862	4,697	1,044	3,552	0,222	0,201
17	3642	5,898	1,309	4,260	0,268	0,241
18	3807	5,874	1,296	3,496	0,227	0,194
19	2944	4,411	0,969	2,273	0,152	0,124
20	2052	2,986	0,653	1,293	0,090	0,069
21	1117	1,678	0,369	0,880	0,059	0,048
22	726	1,151	0,255	0,765	0,049	0,043
23	453	0,744	0,166	0,564	0,035	0,032
24	353	0,650	0,146	0,670	0,040	0,039

Quadro II.26 – Veículos e Emissões Atmosféricas no Trecho Entre Rod. Fernão Dias e Rod. Dutra: 2014

Horas	Veículos (v/h)	Emissão Média (g/s-km)				
		CO	HC	NOx	MP	SO_2
1	100	0,186	0,042	0,196	0,012	0,011
2	83	0,160	0,036	0,182	0,011	0,011
3	71	0,141	0,032	0,168	0,010	0,010
4	81	0,164	0,037	0,202	0,012	0,012
5	252	0,504	0,115	0,611	0,036	0,036
6	676	1,283	0,290	1,411	0,084	0,082
7	1121	1,983	0,445	1,861	0,113	0,107
8	1151	1,927	0,429	1,551	0,096	0,088
9	896	1,480	0,329	1,142	0,071	0,065
10	1037	1,767	0,395	1,502	0,092	0,086
11	948	1,632	0,365	1,424	0,087	0,082
12	920	1,579	0,353	1,367	0,084	0,078
13	847	1,454	0,325	1,258	0,077	0,072
14	906	1,578	0,353	1,423	0,087	0,082
15	982	1,692	0,379	1,485	0,091	0,085
16	1096	1,880	0,420	1,626	0,100	0,093
17	1384	2,341	0,523	1,948	0,120	0,111
18	1402	2,256	0,500	1,590	0,100	0,090
19	1065	1,658	0,366	1,028	0,066	0,057
20	729	1,098	0,241	0,581	0,039	0,032
21	405	0,633	0,140	0,398	0,026	0,022
22	272	0,450	0,100	0,349	0,022	0,020
23	174	0,298	0,067	0,258	0,016	0,015
24	146	0,278	0,063	0,309	0,018	0,018

Quadro II.27 – Veículos e Emissões Atmosféricas no Trecho Entre Av. Raimundo Magalhães e Av. Inajar : 2024

Horas	Veículos (v/h)	Emissão Média (g/s-km)				
		CO	HC	NOx	MP	SO_2
1	428	0,463	0,113	0,329	0,012	0,007
2	338	0,399	0,095	0,304	0,011	0,007
3	279	0,352	0,082	0,280	0,010	0,006
4	312	0,411	0,094	0,335	0,011	0,007
5	978	1,262	0,292	1,017	0,034	0,023
6	2810	3,194	0,768	2,361	0,086	0,052
7	5058	4,895	1,246	3,145	0,128	0,068
8	5487	4,724	1,257	2,651	0,121	0,056
9	4326	3,622	0,975	1,959	0,092	0,041
10	4858	4,343	1,139	2,555	0,112	0,055
11	4401	4,014	1,044	2,419	0,104	0,052
12	4283	3,883	1,012	2,323	0,100	0,050
13	3945	3,575	0,932	2,138	0,092	0,046
14	4154	3,888	1,002	2,411	0,101	0,052
15	4546	4,165	1,082	2,522	0,108	0,054
16	5105	4,624	1,206	2,764	0,120	0,059
17	6527	5,747	1,516	3,321	0,148	0,071
18	6932	5,503	1,513	2,748	0,139	0,057
19	5411	4,028	1,138	1,799	0,100	0,037
20	3805	2,654	0,772	1,033	0,065	0,020
21	2050	1,537	0,433	0,695	0,038	0,014
22	1312	1,102	0,296	0,598	0,028	0,013
23	808	0,733	0,191	0,439	0,019	0,009
24	603	0,693	0,166	0,516	0,019	0,011

Quadro II.28 – Veículos e Emissões Atmosféricas no Trecho Entre Av. Inajar e Rod. Fernão Dias: 2024

Horas	Veículos (v/h)	Emissão Média (g/s-km)				
		CO	HC	NOx	MP	SO_2
1	434	0,477	0,116	0,344	0,013	0,008
2	345	0,413	0,098	0,318	0,011	0,007
3	286	0,366	0,085	0,293	0,010	0,007
4	321	0,428	0,098	0,351	0,012	0,008
5	1005	1,312	0,302	1,064	0,036	0,024
6	2860	3,301	0,790	2,468	0,089	0,054
7	5094	5,020	1,269	3,283	0,132	0,071
8	5490	4,812	1,271	2,764	0,124	0,059
9	4321	3,684	0,984	2,041	0,094	0,043
10	4870	4,434	1,154	2,666	0,115	0,057
11	4417	4,103	1,060	2,524	0,107	0,054
12	4297	3,967	1,027	2,423	0,103	0,052
13	3958	3,653	0,946	2,230	0,095	0,048
14	4175	3,979	1,018	2,516	0,104	0,054
15	4564	4,258	1,098	2,631	0,111	0,057
16	5122	4,725	1,224	2,884	0,123	0,062
17	6538	5,863	1,535	3,463	0,151	0,074
18	6906	5,577	1,523	2,861	0,141	0,060
19	5373	4,065	1,141	1,870	0,101	0,038
20	3767	2,665	0,770	1,072	0,066	0,021
21	2037	1,552	0,434	0,723	0,039	0,015
22	1311	1,121	0,299	0,624	0,029	0,013
23	811	0,749	0,194	0,458	0,019	0,010
24	614	0,716	0,171	0,540	0,019	0,012

Quadro II.29 – Veículos e Emissões Atmosféricas no Trecho Entre Rod. Fernão Dias e Rod. Dutra: 2024

Horas	Veículos (v/h)	Emissão Média (g/s-km)				
		CO	HC	NOx	MP	SO_2
1	205	0,239	0,057	0,180	0,006	0,004
2	166	0,210	0,049	0,166	0,006	0,004
3	140	0,187	0,043	0,154	0,005	0,003
4	159	0,220	0,050	0,184	0,006	0,004
5	496	0,673	0,153	0,558	0,018	0,012
6	1365	1,663	0,391	1,292	0,045	0,029
7	2338	2,462	0,608	1,711	0,065	0,037
8	2455	2,305	0,593	1,434	0,060	0,031
9	1921	1,754	0,456	1,057	0,045	0,023
10	2196	2,141	0,543	1,385	0,056	0,030
11	2000	1,989	0,501	1,313	0,052	0,028
12	1944	1,921	0,485	1,260	0,050	0,027
13	1790	1,769	0,447	1,160	0,046	0,025
14	1902	1,939	0,484	1,310	0,051	0,029
15	2069	2,066	0,520	1,369	0,054	0,030
16	2316	2,288	0,578	1,499	0,060	0,033
17	2938	2,822	0,720	1,798	0,074	0,039
18	3037	2,622	0,697	1,477	0,067	0,031
19	2333	1,880	0,514	0,961	0,048	0,020
20	1616	1,211	0,341	0,547	0,030	0,011
21	886	0,719	0,196	0,372	0,018	0,008
22	583	0,534	0,139	0,323	0,014	0,007
23	367	0,363	0,092	0,238	0,010	0,005
24	294	0,362	0,085	0,283	0,010	0,006

Quadro II.30 – Emissões Máximas (17 horas) no Túnel 01: 2.014 e 2.024

Poluente		2.014		
		Túnel (1.985 m)	Pista (500 m) (Lado Leste)	Pista (500 m) (Lado Oeste)
CO	g/s	11,650	1,4672	1,4672
HC	g/s	2,575	0,3244	0,3244
NOx	g/s	8,111	1,0216	1,0216
MP	g/s	0,513	0,0646	0,0646
SO_2	g/s	0,457	0,0576	0,0576
		2.024		
CO	g/s	11,409	1,4369	1,4369
HC	g/s	3,009	0,3789	0,3789
NOx	g/s	6,591	0,8301	0,8301
MP	g/s	0,294	0,0370	0,0370
SO_2	g/s	0,140	0,0177	0,0177

Quadro II.31 – Emissões Máximas (17 horas) no Túnel 02: 2.014 e 2.024

Poluente		2.014		
		Túnel (330 m)	Pista (500 m) (Lado Leste)	Pista (500 m) (Lado Oeste)
CO	g/s	1,937	1,4672	1,4672
HC	g/s	0,428	0,3244	0,3244
NOx	g/s	1,348	1,0216	1,0216
MP	g/s	0,085	0,0646	0,0646
SO_2	g/s	0,076	0,0576	0,0576
		2.024		
CO	g/s	1,897	1,4369	1,4369
HC	g/s	0,500	0,3789	0,3789
NOx	g/s	1,096	0,8301	0,8301
MP	g/s	0,049	0,0370	0,0370
SO_2	g/s	0,023	0,0177	0,0177

Quadro II.32 – Emissões Máximas (17 horas) no Túnel 03: 2.014 e 2.024

Poluente		2.014		
		Túnel (830 m)	Pista (500 m) (Lado Leste)	Pista (500 m) (Lado Oeste)
CO	g/s	4,895	1,4744	1,4744
HC	g/s	1,087	0,3273	0,3273
NOx	g/s	3,535	1,0649	1,0649
MP	g/s	0,222	0,0670	0,0670
SO_2	g/s	0,200	0,0602	0,0602
		2.024		
CO	g/s	4,866	1,4657	1,4657
HC	g/s	1,274	0,3838	0,3838
NOx	g/s	2,874	0,8658	0,8658
MP	g/s	0,126	0,0379	0,0379
SO_2	g/s	0,061	0,0185	0,0185

Quadro II.33 – Emissões Máximas (17 horas) no Túnel 04: 2.014 e 2.024

Poluente		2.014		
		Túnel (1.985 m)	Pista (210 m) (Lado Leste)	Pista (500 m) (Lado Oeste)
CO	g/s	11,707	0,6193	1,4744
HC	g/s	2,599	0,1375	0,3273
NOx	g/s	8,455	0,4472	1,0649
MP	g/s	0,532	0,0281	0,0670
SO_2	g/s	0,478	0,0253	0,0602
		2.024		
CO	g/s	11,638	0,6156	1,4657
HC	g/s	3,047	0,1612	0,3838
NOx	g/s	6,874	0,3636	0,8658
MP	g/s	0,301	0,0159	0,0379
SO_2	g/s	0,147	0,0078	0,0185

Nota: Os túneis 04 e 05 foram modelados simultaneamente devido a distancia entre as saídas ser relativamente menor.

Quadro II.34 – Emissões Máximas (17 horas) no Túnel 05: 2.014 e 2.024

Poluente		2.014		
		Túnel (865 m)	Pista (500 m) (Lado Leste)	Pista (210 m) (Lado Oeste)
CO	g/s	5,101	1,4744	-
HC	g/s	1,132	0,3273	-
NOx	g/s	3,684	1,0649	-
MP	g/s	0,232	0,0670	-
SO_2	g/s	0,208	0,0602	-
		2.024		
CO	g/s	5,071	1,4657	-
HC	g/s	1,328	0,3838	-
NOx	g/s	2,996	0,8658	-
MP	g/s	0,131	0,0379	-
SO_2	g/s	0,064	0,0185	-

Nota: Os túneis 04 e 05 foram modelados simultaneamente devido a distancia entre as saídas ser relativamente menor.

Quadro II.35 – Emissões Máximas (17 horas) no Túnel 06: 2.014 e 2.024

Poluente		2.014		
		Túnel (1.090 m)	Pista (500 m) (Lado Leste)	Pista (500 m) (Lado Oeste)
CO	g/s	2,552	0,5852	0,5852
HC	g/s	0,570	0,1306	0,1306
NOx	g/s	2,123	0,4870	0,4870
MP	g/s	0,131	0,0300	0,0300
SO_2	g/s	0,121	0,0278	0,0278
		2.024		
CO	g/s	3,076	0,7055	0,7055
HC	g/s	0,785	0,1800	0,1800
NOx	g/s	1,960	0,4496	0,4496
MP	g/s	0,080	0,0184	0,0184
SO_2	g/s	0,042	0,0097	0,0097

II.3.7 Seleção de Modelos para Trechos do Rodoanel

Os modelos de dispersão CALINE4 e CAL3QHCR, recomendados pela US-EPA e utilizados neste estudo, fazem parte do software CALRoadsView da Lakes Environmental Software Inc. O referido software é largamente utilizado para determinar as contribuições das emissões veiculares na qualidade do ar das áreas próximas das avenidas e rodovias e tem como princípio básico as emissões de veículos nas rodovias como “fontes tipo linha”, que utiliza dispersão de pluma Gaussiana a partir da zona de mistura sobre a pista carroçável.

O CALINE4 foi utilizado para determinar o cenário “mais critico” de dispersão de poluentes (“worst case”), o qual dificilmente ocorrerá por depender da simultaneidade das piores condições de dispersão, de tráfego e de emissão. O modelo pode estimar as contribuições de monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrogênio (NO_2), gases inertes e material particulado (MP) para períodos curtos (1 hora), não necessitando de dados meteorológicos de estações muito próximas, geralmente inexistentes na fase de projeto ou mesmo durante a operação. Os valores calculados por este modelo, entretanto, devem ser vistos com ressalvas, posto que ao utilizar uma simulação de “worst case” em termos de meteorologia, assume uma situação muito crítica de estabilidade atmosférica (classe de estabilidade G e velocidade do vento de 1 m/s), cuja ocorrência é eventual e a persistência ao longo de vários dias é muito pouco provável. Este tipo de situação pode ocorrer em períodos de inverno, sob o domínio de um sistema de anticiclone, o qual desvia a entrada de frentes

frias em direção ao oceano, principalmente durante as primeiras horas da manhã. Como nessas condições atmosféricas não há a ocorrência de nuvens, entretanto, o aquecimento diferencial de áreas com e sem vegetação e o próprio efeito de ilha de calor ao longo induz à geração de ventos, aumentando a dispersão e reduzindo as concentrações, de modo que os picos mencionados não persistem ao longo das 24h. Particularmente, em se tratando de uma rodovia, essa alta estabilidade não ocorre conjuntamente com um alto fluxo de veículos, pois o próprio tráfego induz à geração de ventos superficiais sobre a via, promovendo a dispersão e diluição dos poluentes.

O CAL3QHCR, versão refinada para o uso de séries temporais de condições meteorológicas, necessita de dados no formato do modelo ISCST3 (US-EPA) e pode estimar as contribuições de monóxido de carbono (CO) para períodos de 1 e 8 horas, dióxido de enxofre (SO_2) e material particulado (MP) para os períodos de 24 horas e anual.

Os quadros a seguir apresentam as combinações de simulações de contribuições de poluentes, períodos de referência de concentrações e dados meteorológicos com estes modelos, que foram possíveis neste estudo.

Quadro II.36 - Modelo de Dispersão e Poluentes Atmosféricos

Modelo	Meteorologia	CO		NO_2	MP		SO_2		HC
		1 h	8 h	1 h	24 h	Anual	24 h	Anual	1 h
CALINE4	Crítica	x	-	x	-	-	-	-	x
CAL3QHCR	Brams	x	x	-	x	x	x	x	-
	GUA/SAN	x	x	-	x	x	x	x	-

Nota: Meteorologia Crítica: v – 1m/s, estabilidade atmosférica – G, altura de mistura – 1.000 m, temperatura ambiente – 20°C e desvio padrão da direção de vento – 5.
Meteorologia BRAMS – 1 ano de dados horários (2005) no formato ISCST3 para os seis pontos ao longo do Rodoanel.
Meteorologia GUA/SAN: GUA – Estação do Aeroporto de Guarulhos, SAN – Estação da CETESB Santana, representando 1 ano de dados horários (2005) no formato ISCST3.

Quadro II.37 - Dados Meteorológicos Utilizados nos Trechos do Rodoanel

Meteorologia	Trecho do Rodoanel					
	1	2	3	4	5	6
Crítica	x	x	x	x	x	x
Brams	x	x	x	x	x	x
GUA/SAN	SAN	SAN	SAN	GUA	GUA	GUA

As simulações de dióxido de nitrogênio (NO_2) foram realizadas utilizando o modelo CALINE4 considerando as seguintes condições:

- Taxa de Conversão de NO_2 (photolysis rate constant): 0,004 1/s.
- Concentrações "Background" de O_3, NO e NO_2: médias de 42,7 ppb, 64,8 ppb e 28,5 ppb respectivamente, determinados dos valores monitorados nas estações automáticas de qualidade do ar da CETESB para o período de 2005 a 2009, conforme os quadros a seguir.

Quadro II.38 – Ozônio (O_3): Média das Máximas Horárias do Dia

Estação Qar	Média das Máximas Horárias do Dia (µg/m³)					
	2005	2006	2007	2008	2009	Média
Nossa Senhora do O	68,9	80,4	96,4	84,3	75,7	81,1
Santana	-	86,0	97,7	77,8	85,1	86,7
					Média (µg/m³)	83,9
					Média (ppb)	42,7

Fonte: Cetesb

Quadro II.39 – Monóxido de Nitrogênio (NO): Média Anual

Estação Qar	Média Anual (µg/m³)					
	2005	2006	2007	2008	2009	Média
Osasco	83	-	-	-	96	89,5
Taboão da Serra	100	64	69	62	52	69,4
					Média (µg/m³)	79,5
					Média (ppb)	64,8

Fonte: Cetesb

Quadro II.40 – Dióxido de Nitrogênio (NO_2): Média Anual

Estação Qar	Média Anual (µg/m³)					
	2005	2006	2007	2008	2009	Média
Osasco	59	-	-	-	64	61,5
Taboão da Serra	57	45	45	44	37	45,6
					Média (µg/m³)	53,6
					Média (ppb)	28,5

Fonte: Cetesb

As simulações de hidrocarbonetos totais (HC) foram realizadas no CALINE4 utilizando a opção de gás inerte, período de 60 minutos e massa molecular de 86 (como hexano).

As simulações de dióxido de enxofre (SO_2) foram realizadas no CAL3QHCR utilizando a opção de Material Particulado. Esta condição foi necessária devido à não disponibilidade da opção de modelar o parâmetro SO_2 (diária e anual).

Quadro II.41 - Opções Utilizadas na Modelagem

Trecho Rodoanel	Modelo	Área	Rugosidade Superficial - cm (a)	Tipo de Pista (b)
01	CALINE4/CAL3QHCR	Urbana	100 (suburban)	"at grade"
02	CALINE4/CAL3QHCR	Urbana	200 (urban)	"at grade"
03	CALINE4/CAL3QHCR	Urbana	200 (urban)	"at grade"
04	CALINE4/CAL3QHCR	Urbana	200 (urban)	"at grade"
05	CALINE4/CAL3QHCR	Urbana	100 (suburban)	"at grade"
06	CALINE4/CAL3QHCR	Urbana	100 (suburban)	"at grade"

Nota: (a) Rugosidade Superficial (cm) – rugosidade média da região onde se encontra o trecho estudado, em cm
(b) "at grade" – representa pista e área de influência com característica plana em perfil perpendicular ao vetor de emissão.

Note-se que a opção de utilizar toda a via com pista "at grade" é mais uma forma de se trabalhar em favor da segurança, pois aumenta as possibilidades de dispersão horizontal ao nível do solo e, portanto, o alcance da pluma emitida sobre as comunidades vizinhas na modelagem. Nos casos em que há viadutos, as emissões são feitas a um nível acima das casas, onde a velocidade do vento tende a ser maior, reduzindo as concentrações, de modo que nos trechos de viaduto previstos as contribuições sobre as comunidades calculadas pela modelagem estão, muito provavelmente, superestimadas.

As simulações foram realizadas para os cinco trechos do Rodoanel, nos dois cenários de operação previstos (2.014 e 2.024), considerando os parâmetros descritos anteriormente, totalizando 90 simulações de CALINE4 e CAL3QHCR.

II.3.8 Seleção de Modelos para Túneis do Rodoanel

O AERMOD, versão refinada para o uso de séries temporais de condições meteorológicas e de emissões de poluentes, e pode estimar as contribuições de monóxido de carbono (CO) para períodos de 1 e 8 horas, hidrocarbonetos (HC) para período de 1 hora, dióxido de nitrogênio (NO_2) para períodos de 1 hora e anual, dióxido de enxofre (SO_2) e material particulado (MP) para os períodos de 24 horas e anual.

As contribuições de NO_2 (dióxido de nitrogênio) foram determinadas utilizando o método PVMRM (Plume Volume Molar Ratio Method), que consiste na aplicação de algoritmos para conversão de NOx para NO_2, este método faz parte da opção de modelagem de NOx no AERMOD. Para simulação foram utilizados "NO_2/NOx – 0.90" (guideline), "In-Stack NO_2/NOx Ratio – 0.075" (vehicle emissions tailpipe) e "Ozone Value – 42,7 ppb" (médias das concentrações horárias máximas das estações de monitoramento da CETESB).

As opções utilizadas no AERMOD, que foram possíveis neste estudo;

- Emissões: variáveis ao longo do dia;
- Área Urbana;
- Dados meteorológicos do período de 2005 a 2009 do Aeroporto de Guarulhos;
- Topografia: Complexa;
- Concentrações para Primeira Máxima.

II.4. Resultados da Modelagem

As contribuições máximas indicadas pela modelagem representam sempre os valores encontrados sobre as pistas de rolamento (ponto de valor máximo), no interior das faixas de domínio das rodovias, sendo que as contribuições nas áreas lindeiras (áreas contidas nas curvas de isovalores apresentadas no anexo III) diminuem rapidamente com o afastamento da rodovia, onde as contribuições de poluentes atmosféricos apresentam valores geralmente menores que os padrões primários de qualidade do ar da Resolução CONAMA 03/90. Exceção deve ser feita apenas ao NO_2 que, em alguns casos isolados e em condições extremamente desfavoráveis de dispersão atmosféricas e de pequena duração, cuja probabilidade de ocorrência é muito baixa, poderá apresentar contribuição que ultrapasse o PQAr.

II.4.1 Resultados para Trechos do Rodoanel

Os quadros a seguir apresentam as contribuições máximas indicadas pelas simulações realizadas pelos modelos CALINE 4 e CAL3QHCR, para cada cenário e por poluente.

Quadro II.42 - Concentrações Máximas (ppm) das Simulações

Cenário: 2014 – Poluente: Monóxido de Carbono (CO) – 1 hora

Trecho	PQAR	Caline4		Cal3HQCR - BRAMS		Cal3HQCR - GUA/SAN	
1	34,9 (40000 µg/m³)	3,6	Rodoanel x Av. Raimundo	1,7	Rodoanel x Av. Raimundo	1,6	Rodoanel x Av. Raimundo
2		2,8	Rodoanel	1,4	Rodoanel	1,3	Rodoanel
3		2,8	Rodoanel	1,4	Rodoanel	1,4	Rodoanel
4		5,0	Fernão Dias	2,6	Fernão Dias	2,6	Fernão Dias
5		1,8	Rodoanel	0,7	Rodoanel	0,7	Rodoanel
6		1,8	Rodoanel x Dutra	3,9	Rodoanel x Dutra	3,7	Rodoanel x Dutra

Notas: PQAR – Padrão de Qualidade do Ar da Resolução CONAMA 03/90
BRAMS – Dados meteorológicos simulados
GUA/SAN – Dados meteorológicos da Estação de Guarulhos ou Santana

Quadro II.43 - Concentrações Máximas (ppm) das Simulações

Cenário: 2014 – Poluente: Monóxido de Carbono (CO) – 8 horas

Trecho	PQAR	Caline4		Cal3HQCR - BRAMS		Cal3HQCR - GUA/SAN	
1	8,7 (10000 µg/m³)	-	-	1,23	Rodoanel x Av. Raimundo	1,3	Rodoanel x Av. Raimundo
2		-	-	1,15	Rodoanel	1,18	Rodoanel
3		-	-	1,0	Rodoanel	1,2	Rodoanel
4		-	-	2,06	Fernão Dias	1,97	Fernão Dias
5		-	-	0,50	Rodoanel	0,54	Rodoanel
6		-	-	3,38	Rodoanel x Dutra	2,97	Rodoanel x Dutra

Notas: PQAR – Padrão de Qualidade do Ar da Resolução CONAMA 03/90
BRAMS – Dados meteorológicos simulados
GUA/SAN – Dados meteorológicos da Estação de Guarulhos ou Santana

Quadro II.44 - Concentrações Máximas (ppm) das Simulações

Cenário: 2014 – Poluente: Dióxido de Nitrogênio (NO_x) – 1 hora

Trecho	PQAR	Caline4		Cal3HQCR - BRAMS		Cal3HQCR - GUA/SAN	
1	0,17 (320 µg/m³)	0,35	Rodoanel x Av. Raimundo	-	-	-	-
2		0,22	Rodoanel	-	-	-	-
3		0,23	Rodoanel	-	-	-	-
4		0,32	Fernão Dias	-	-	-	-
5		0,27	Rodoanel	-	-	-	-
6		0,41	Rodoanel x Dutra	-	-	-	-

Notas: PQAR – Padrão de Qualidade do Ar da Resolução CONAMA 03/90
BRAMS – Dados meteorológicos simulados
GUA/SAN – Dados meteorológicos da Estação de Guarulhos ou Santana

Quadro II.45 - Concentrações Máximas (µg/m³) das Simulações

Cenário: 2014 – Poluente: Material Particulado (MP) – 24 horas

Trecho	PQAR	Caline4		Cal3HQCR - BRAMS		Cal3HQCR - GUA/SAN	
1	150	-	-	42,5	Rodoanel	47,5	Rodoanel
2		-	-	39,6	Rodoanel	43,6	Rodoanel
3		-	-	41,2	Rodoanel	51,7	Rodoanel
4		-	-	74,5	Fernão Dias	84,1	Fernão Dias
5		-	-	18,9	Rodoanel	17,9	Rodoanel
6		-	-	100,7	Dutra	104,4	Dutra

Notas: PQAR – Padrão de Qualidade do Ar da Resolução CONAMA 03/90
BRAMS – Dados meteorológicos simulados
GUA/SAN – Dados meteorológicos da Estação de Guarulhos ou Santana

Quadro II.46 - Concentrações Máximas (µg/m³) das Simulações

Cenário: 2014 – Poluente: Material Particulado (MP) – Anual

Trecho	PQAR	Caline4		Cal3HQCR - BRAMS		Cal3HQCR - GUA/SAN	
1	50	-	-	17,4	Rodoanel	26,9	Rodoanel
2		-	-	19,6	Rodoanel	28,6	Rodoanel
3		-	-	17,2	Rodoanel	30,2	Rodoanel
4		-	-	36,7	Fernão Dias	34,5	Fernão Dias
5		-	-	8,7	Rodoanel	9,6	Rodoanel
6		-	-	42,7	Rodoanel x Dutra	57,3	Rodoanel x Dutra

Notas: PQAR – Padrão de Qualidade do Ar da Resolução CONAMA 03/90
BRAMS – Dados meteorológicos simulados
GUA/SAN – Dados meteorológicos da Estação de Guarulhos ou Santana

Quadro II.47 - Concentrações Máximas (µg/m³) das Simulações

Cenário: 2014 – Poluente: Dióxido de Enxofre (SO_2) – 24 horas

Trecho	PQAR	Caline4		Cal3HQCR - BRAMS		Cal3HQCR - GUA/SAN	
1	365	-	-	37,5	Rodoanel	41,9	Rodoanel
2		-	-	34,9	Rodoanel	38,4	Rodoanel
3		-	-	36,3	Rodoanel	45,6	Rodoanel
4		-	-	67,9	Fernão Dias	76,6	Fernão Dias
5		-	-	17,4	Rodoanel	16,5	Rodoanel
6		-	-	92,8	Dutra	96,2	Dutra

Notas: PQAR – Padrão de Qualidade do Ar da Resolução CONAMA 03/90
BRAMS – Dados meteorológicos simulados
GUA/SAN – Dados meteorológicos da Estação de Guarulhos ou Santana

Quadro II.48 - Concentrações Máximas (µg/m³) das Simulações

Cenário: 2014 – Poluente: Dióxido de Enxofre (SO_2) – Anual

Trecho	PQAR	Caline4		Cal3HQCR - BRAMS		Cal3HQCR - GUA/SAN	
1	80	-	-	15,3	Rodoanel	23,7	Rodoanel
2		-	-	17,3	Rodoanel	25,2	Rodoanel
3		-	-	15,2	Rodoanel	26,7	Rodoanel
4		-	-	33,4	Fernão Dias	31,5	Fernão Dias
5		-	-	8,0	Rodoanel	8,84	Rodoanel
6		-	-	39,3	Rodoanel x Dutra	52,8	Rodoanel x Dutra

Notas: PQAR – Padrão de Qualidade do Ar da Resolução CONAMA 03/90
BRAMS – Dados meteorológicos simulados
GUA/SAN – Dados meteorológicos da Estação de Guarulhos ou Santana

Quadro II.49 - Concentrações Máximas (ppm) das Simulações

Cenário: 2014 – Poluente: Hidrocarbonetos Totais (HC) como Hexano – 1 hora

Trecho	PQAR	Caline4		Cal3HQCR - BRAMS		Cal3HQCR - GUA/SAN	
1	-	0,30	Rodoanel x Av. Raimundo	-	-	-	-
2		0,20	Rodoanel	-	-	-	-
3		0,20	Rodoanel e Av. Inajar	-	-	-	-
4		0,40	Fernão Dias	-	-	-	-
5		0,10	Rodoanel	-	-	-	-
6		0,50	Rodoanel x Dutra	-	-	-	-

Notas: PQAR – Padrão de Qualidade do Ar da Resolução CONAMA 03/90
BRAMS – Dados meteorológicos simulados

GUA/SAN – Dados meteorológicos da Estação de Guarulhos ou Santana

Quadro: 50 - Concentrações Máximas (ppm) das Simulações

Cenário: 2024 – Poluente: Monóxido de Carbono (CO) – 1 hora

Trecho	PQAR	Caline4		Cal3HQCR - BRAMS		Cal3HQCR - GUA/SAN	
1	34,9 (40000 µg/m³)	2,8	Rodoanel x Av. Raimundo	1,4	Rodoanel x Av. Raimundo	1,4	Rodoanel x Av. Raimundo
2		2,5	Rodoanel	1,4	Rodoanel	1,3	Rodoanel
3		2,5	Rodoanel	1,4	Rodoanel	1,4	Rodoanel
4		3,6	Fernão Dias	1,9	Fernão Dias	1,9	Fernão Dias
5		1,9	Rodoanel	0,8	Rodoanel	0,9	Rodoanel
6		4,7	Dutra	2,8	Dutra	2,8	Dutra

Notas: PQAR – Padrão de Qualidade do Ar da Resolução CONAMA 03/90
BRAMS – Dados meteorológicos simulados
GUA/SAN – Dados meteorológicos da Estação de Guarulhos ou Santana

Quadro II.51 - Concentrações Máximas (ppm) das Simulações

Cenário: 2024 – Poluente: Monóxido de Carbono (CO) – 8 horas

Trecho	PQAR	Caline4		Cal3HQCR - BRAMS		Cal3HQCR - GUA/SAN	
1	8,7 (10000 µg/m³)	-	-	1,09	Rodoanel	1,26	Rodoanel
2		-	-	1,15	Rodoanel	1,12	Rodoanel
3		-	-	0,99	Rodoanel	1,19	Rodoanel
4		-	-	1,50	Fernão Dias	1,5	Fernão Dias
5		-	-	0,59	Rodoanel	0,64	Rodoanel
6		-	-	2,37	Rodoanel x Dutra	2,15	Rodoanel x Dutra

Notas: PQAR – Padrão de Qualidade do Ar da Resolução CONAMA 03/90
BRAMS – Dados meteorológicos simulados
GUA/SAN – Dados meteorológicos da Estação de Guarulhos ou Santana

Quadro II.52 - Concentrações Máximas (ppm) das Simulações

Cenário: 2024 – Poluente: Dióxido de Nitrogênio (NO_x) – 1 hora

Trecho	PQAR	Caline4		Cal3HQCR - BRAMS		Cal3HQCR - GUA/SAN	
1	0,17 (320 µg/m³)	0,29	Rodoanel x Av. Raimundo	-	-	-	-
2		0,18	Rodoanel	-	-	-	-
3		0,19	Rodoanel	-	-	-	-
4		0,23	Fernão Dias	-	-	-	-
5		0,23	Rodoanel	-	-	-	-
6		0,28	Rodoanel x Dutra	-	-	-	-

Notas: PQAR – Padrão de Qualidade do Ar da Resolução CONAMA 03/90
BRAMS – Dados meteorológicos simulados
GUA/SAN – Dados meteorológicos da Estação de Guarulhos ou Santana

Quadro II.53 - Concentrações Máximas (µg/m³) das Simulações

Cenário: 2024 – Poluente: Material Particulado (MP) – 24 horas

Trecho	PQAR	Caline4		Cal3HQCR - BRAMS		Cal3HQCR - GUA/SAN	
1	150	-	-	20,2	Rodoanel	26,3	Rodoanel
2		-	-	21,9	Rodoanel	24,1	Rodoanel
3		-	-	22,9	Rodoanel	28,7	Rodoanel
4		-	-	30,0	Fernão Dias	34,0	Fernão Dias
5		-	-	11,8	Rodoanel	11,2	Rodoanel
6		-	-	38,4	Rodoanel x Dutra	39,9	Rodoanel x Dutra

Notas: PQAR – Padrão de Qualidade do Ar da Resolução CONAMA 03/90
BRAMS – Dados meteorológicos simulados
GUA/SAN – Dados meteorológicos da Estação de Guarulhos ou Santana

Quadro II.54 - Concentrações Máximas (µg/m³) das Simulações

Cenário: 2024 – Poluente: Material Particulado (MP) – Anual

Trecho	PQAR	Caline4		Cal3HQCR - BRAMS		Cal3HQCR - GUA/SAN	
1	50	-	-	8,0	Rodoanel	14,0	Rodoanel
2		-	-	10,9	Rodoanel	15,8	Rodoanel
3		-	-	9,5	Rodoanel	16,8	Rodoanel
4		-	-	14,7	Fernão Dias	13,9	Fernão Dias
5		-	-	5,4	Rodoanel	6,0	Rodoanel
6		-	-	16,2	Rodoanel x Dutra	21,9	Rodoanel x Dutra

Notas: PQAR – Padrão de Qualidade do Ar da Resolução CONAMA 03/90
BRAMS – Dados meteorológicos simulados
GUA/SAN – Dados meteorológicos da Estação de Guarulhos ou Santana

Quadro II.55 - Concentrações Máximas (µg/m³) das Simulações

Cenário: 2024 – Poluente: Dióxido de Enxofre (SO_2) – 24 horas

Trecho	PQAR	Caline4		Cal3HQCR - BRAMS		Cal3HQCR - GUA/SAN	
1	365	-	-	9,3	Rodoanel	12,2	Rodoanel
2		-	-	10,1	Rodoanel	11,1	Rodoanel
3		-	-	10,6	Rodoanel	13,4	Rodoanel
4		-	-	15,0	Fernão Dias	16,9	Fernão Dias
5		-	-	6,2	Rodoanel	5,9	Rodoanel
6		-	-	20,5	Rodoanel x Dutra	21,3	Rodoanel x Dutra

Notas: PQAR – Padrão de Qualidade do Ar da Resolução CONAMA 03/90
BRAMS – Dados meteorológicos simulados
GUA/SAN – Dados meteorológicos da Estação de Guarulhos ou Santana

Quadro II.56 - Concentrações Máximas (µg/m³) das Simulações

Cenário: 2024 – Poluente: Dióxido de Enxofre (SO_2) – Anual

Trecho	PQAR	Caline4		Cal3HQCR - BRAMS		Cal3HQCR - GUA/SAN	
1	80	-	-	3,7	Rodoanel	6,5	Rodoanel
2		-	-	5,0	Rodoanel	7,3	Rodoanel
3		-	-	4,4	Rodoanel	7,8	Rodoanel
4		-	-	7,3	Fernão Dias	6,9	Fernão Dias
5		-	-	2,9	Rodoanel	3,2	Rodoanel
6		-	-	8,6	Rodoanel x Dutra	11,7	Rodoanel x Dutra

Notas: PQAR – Padrão de Qualidade do Ar da Resolução CONAMA 03/90
BRAMS – Dados meteorológicos simulados
GUA/SAN – Dados meteorológicos da Estação de Guarulhos ou Santana

Quadro II.57 - Concentrações Máximas (ppm) das Simulações

Cenário: 2024 – Poluente: Hidrocarbonetos Totais (HC) – 1 hora

Trecho	PQAR	Caline4		Cal3HQCR - BRAMS		Cal3HQCR - GUA/SAN	
1	-	0,20	Rodoanel x Av. Raimundo	-	-	-	-
2		0,20	Rodoanel	-	-	-	-
3		0,20	Rodoanel Av. Inajar	-	-	-	-
4		0,30	Fernão Dias	-	-	-	-
5		0,20	Rodoanel	-	-	-	-
6		0,40	Rodoanel x Dutra	-	-	-	-

Notas: PQAR – Padrão de Qualidade do Ar da Resolução CONAMA 03/90
BRAMS – Dados meteorológicos simulados
GUA/SAN – Dados meteorológicos da Estação de Guarulhos ou Santana

Compilando-se os máximos resultados obtidos com as simulações, pode-se concluir que as contribuições do tráfego para os poluentes regulamentados (Resolução CONAMA 03/90), resultarão em redução para o cenário de 2.024, mesmo considerando os casos mais severos de modelagem para cada aplicação, conforme sumarizado nos quadros a seguir.

Quadro II.58 - Concentração Máxima de Monóxido de Carbono (CO)

Comparação dos Cenários 2.014 e 2.024

Trecho	Concentração CO (ppm)			
	1 hora		8 horas	
	2.014	2.024	2.014	2.024
01	3,6	2,8	1,30	1,26
02	2,8	2,5	1,18	1,12
03	2,8	2,5	1,20	1,19
04	5,0	3,6	2,06	1,50
05	1,8	1,9	0,54	0,64
06	6,8	4,7	3,38	2,37
PQAR – CONAMA 03/90	**34,9 (40.000 µg/m³)**		**8,7 (10.000 µg/m³)**	

Nota: PQAR-Padrão de Qualidade do Ar (Primário)

Quadro II.59 - Concentração Máxima de Dióxido de Nitrogênio (NO_2)

Comparação dos Cenários 2.014 e 2.024

Trecho	Concentração NO_2 (ppm)	
	1 hora	
	2.014	2.024
01	0,35	0,29
02	0,22	0,18
03	0,23	0,19
04	0,32	0,23
05	0,27	0,23
06	0,41	0,28
PQAR – CONAMA 03/90	**0,17 (320 µg/m³)**	

Nota: PQAR-Padrão de Qualidade do Ar (Primário)

Quadro II.60 - Concentração Máxima de Material Particulado (MP)

Comparação dos Cenários 2.014 e 2.024

Trecho	Concentração PI (µg/m^3)			
	Diária		Anual	
	2.014	2.024	2.014	2.024
01	47,5	26,3	26,9	14,0
02	43,6	24,1	28,6	15,8
03	51,7	28,7	30,2	16,8
04	84,1	34,0	34,5	13,9
05	18,9	11,8	8,7	6,0
06	104,4	39,9	57,3	21,9
PQAR – CONAMA 03/90	**150**		**50**	

Nota: PQAR-Padrão de Qualidade do Ar (Primário)

Quadro II.61 - Concentração Máxima de Dióxido de Enxofre (SO_2)

Comparação dos Cenários 2.014 e 2.024

Trecho	Concentração SO_2 (µg/m^3)			
	Diária		Anual	
	2.014	2.024	2.014	2.024
01	41,9	12,2	23,7	6,5
02	38,4	11,1	25,2	7,3
03	45,6	13,4	26,7	7,8
04	76,6	16,9	31,5	6,9
05	17,4	6,2	8,84	3,2
06	96,2	21,3	52,8	11,7
PQAR – CONAMA 03/90	**365**		**80**	

Nota: PQAR-Padrão de Qualidade do Ar (Primário)

Quadro II.62 - Concentração Máxima de Hidrocarbonetos (HC)

Comparação dos Cenários 2.014 e 2.024

Trecho	Concentração HC (PPM)	
	1 hora	
	2.014	2.024
01	0,30	0,20
02	0,20	0,20
03	0,20	0,20
04	0,40	0,30
05	0,10	0,20
06	0,50	0,40
PQAR – CONAMA 03/90	-	

Nota: PQAR-Padrão de Qualidade do Ar (Primário)

Observa-se que, para todos os casos, as contribuições máximas apresentaram características de redução para o cenário de 2.024. O anexo III apresenta os gráficos das isoconcentrações para os cenários 2.014 e 2.024 para melhor visualização das contribuições.

II.4.2 Resultados para Túneis do Rodoanel

Os quadros a seguir apresentam as contribuições máximas indicadas pelas simulações realizadas pelo modelo AERMOD, para cada cenário e por poluente. Salientando-se que as concentrações máximas ocorreram na faixa de domínio do Rodoanel e próximas das saídas dos túneis.

Quadro II.63 - Concentração Máxima de Monóxido de Carbono (CO) - Túnel

Comparação dos Cenários 2.014 e 2.024

Túnel	Concentração CO (ppm)			
	1 hora		8 horas	
	2.014	2.024	2.014	2.024
01	0,91	0,92	0,21	0,20
02	0,27	0,26	0,06	0,06
03	0,61	0,61	0,19	0,19
04 e 05	0,86	0,84	0,20	0,20
06	0,16	0,20	0,04	0,05
PQAR – CONAMA 03/90	**34,9 (40.000 µg/m³)**		**8,7 (10.000 µg/m³)**	

Nota: PQAR-Padrão de Qualidade do Ar (Primário)

Quadro II.64 - Concentração Máxima de Dióxido de Nitrogênio (NO_2) - Túnel

Comparação dos Cenários 2.014 e 2.024

Túnel	Concentração NO_2 (ppm)	
	1 hora	
	2.014	2.024
01	0,18	0,17
02	0,10	0,08
03	0,17	0,17
04 e 05	0,24	0,19
06	0,08	0,08
PQAR – CONAMA 03/90	**0,17 (320 µg/m³)**	

Nota: PQAR-Padrão de Qualidade do Ar (Primário)

Quadro II.65 - Concentração Máxima de Material Particulado (MP) - Túnel

Comparação dos Cenários 2.014 e 2.024

Túnel	Concentração PI (µg/m^3)			
	Diária		Anual	
	2.014	2.024	2.014	2.024
01	5,8	3,2	1,58	0,92
02	1,9	1,1	0,60	0,34
03	5,3	3,0	0,85	0,48
04 e 05	5,8	3,2	1,75	0,97
06	2,0	1,2	0,35	0,22
PQAR – CONAMA 03/90	**150**		**50**	

Nota: PQAR-Padrão de Qualidade do Ar (Primário)

Quadro II.66 - Concentração Máxima de Dióxido de Enxofre (SO_2) - Túnel

Comparação dos Cenários 2.014 e 2.024

Túnel	Concentração SO_2 (µg/m^3)			
	Diária		Anual	
	2.014	2.024	2.014	2.024
01	5,1	1,6	1,41	0,43
02	1,7	0,53	0,54	0,16
03	4,8	1,5	0,77	0,23
04 e 05	5,3	1,6	1,58	0,48
06	1,8	0,64	0,32	0,11
PQAR – CONAMA 03/90	**365**		**80**	

Nota: PQAR-Padrão de Qualidade do Ar (Primário)

Quadro II.67 - Concentração Máxima de Hidrocarbonetos (HC) - Túnel

Comparação dos Cenários 2.014 e 2.024

Túnel	Concentração HC (PPM)	
	1 hora	
	2.014	2.024
01	0,065	0,076
02	0,020	0,023
03	0,045	0,052
04 e 05	0,062	0,073
06	0,012	0,016
PQAR – CONAMA 03/90	-	

Nota: PQAR-Padrão de Qualidade do Ar (Primário)

II.5. Conclusões

Apresentam-se a seguir os comentários e conclusões sobre os resultados de modelagem de dispersão de poluentes utilizando os modelos CALINE4 para “worst case” das condições mais críticas, e CAL3QHCR com dados meteorológicos horários reais das estações do aeroporto de Guarulhos e CETESB Santana e simulados pelo modelo BRAMS, para o ano de 2005, tomado como referência. A situação de “worst case” de condições atmosféricas foi utilizada particularmente para a modelagem de NO_2, porém sua ocorrência é improvável em se tratando da região em questão e da simulação em uma rodovia, onde as emissões mais altas dão-se apenas quando há fluxo intenso de veículos, os quais induzem a formação de vento longitudinal, facilitando a dispersão, conforme discutido no EIA.

As contribuições máximas de emissões provenientes dos túneis fora do domínio do Rodoanel, calculadas pelo modelo AERMOD, apresentam valores relativamente baixos em comparação com os padrões primários de qualidade do ar da Resolução CONAMA 03/90.

Os comentários principais referem-se às contribuições máximas obtidas nas simulações realizadas para os seis trechos do Rodoanel Norte.

II.5.1 Contribuições Máximas Sobre a Pista de Rolamento – Cenário 2.014

- Concentrações máximas de monóxido de carbono: média horária e de 8 horas de 6,8 e 3,38 ppm respectivamente ocorridas no trecho 06. As concentrações máximas representam 19,5% e 38,9% dos padrões de qualidade do ar, horário (34,9 ppm) e de 8 horas (8,7 ppm), respectivamente, da Resolução CONAMA 03/90.
- Concentração máxima de dióxido de nitrogênio ("worst case"): horária de 0,41 ppm ocorrida no trecho 06. A concentração máxima poderá representar até 141,2% acima do padrão horário de qualidade do ar (0,17 ppm) da Resolução CONAMA 03/90.
- Concentrações máximas de partículas inaláveis: diária e anual de 104,4 e 57,3 µg/m3 ocorrida no trecho 06. As concentrações máximas representam 69,6% e 114,6% dos padrões de qualidade do ar diário (150 µg/m3) e anual (50 µg/m3), respectivamente, da Resolução CONAMA 03/90.
- Concentrações máximas de dióxido de enxofre: diária e anual de 96,2 e 52,8 µg/m³ ocorrida no trecho 06. As concentrações máximas representam 26,4% e 66% dos padrões de qualidade do ar diário (365 µg/m3) e anual (80 µg/m3), respectivamente da Resolução CONAMA 03/90.
- Concentrações máximas de hidrocarbonetos: horária de 0,5 ppm ocorrida no trecho 06, para as quais não há padrão nacional de qualidade do ar.

Note-se que todos os valores máximos encontrados situam-se no entroncamento do Rodoanel com a Rodovia Presidente Dutra, pois esta é uma via de alta densidade de tráfego, tanto de veículos leves como de veículos comerciais, de forma que grande parte das emissões consideradas já existem atualmente na região, não sendo devidas à implantação do Rodoanel. Por outro lado, pode-se supor que as emissões atuais devidas à Rodovia Presidente Dutra poderão ser, inclusive, atenuadas quando da plena operação do Rodoanel, devido à maior fluidez do tráfego proporcionada pelo desvio de veículos provenientes da Dutra que não têm destino na cidade de São Paulo, e que passarão a seguir viagem pelo Rodoanel, que deverá apresentar maior fluidez do que a Marginal do Rio Tietê, e vice versa, ou seja, veículos que cruzam a cidade, atingindo a Dutra através da Marginal passarão a fazê-lo beneficiando-se do Rodoanel.

A modelagem das contribuições de poluentes sobre a pista de rolamento da rodovia indicou um potencial de ocorrência de concentrações de NO_2, que pontualmente poderão ultrapassar o PQAr devido às condições extremamente desfavoráveis assumidas pelo modelo CALINE 4, tanto no que se refere à dispersão de poluentes quanto ao fato das emissões veiculares ocorrerem ao nível da pista. Mesmo nessa situação crítica, entretanto, as concentrações diminuem rapidamente e a probabilidade de ocorrência de ultrapassagens dos padrões de qualidade do ar fora das faixas de domínio do rodoanel devido ao tráfego de veículos sobre a via é extremamente baixa.

II.5.2 Contribuições Máximas Sobre a Pista de Rolamento – Cenário 2.024

- Concentrações máximas de monóxido de carbono: média horária e de 8 horas de 4,7 ppm e 2,37 ppm ocorridas no Rodoanel Trecho 06. As concentrações máximas representam 13,5% e 27,2% dos padrões de qualidade do ar horário (34,9 ppm) e 8 horas (8,7 ppm), respectivamente, da Resolução CONAMA 03/90.
- Concentração máxima de dióxido de nitrogênio ("worst case"): horária de 0,29 ppm ocorrida no trecho 01. A concentração máxima poderá representar até 71% acima do padrão de qualidade do ar horário (0,17 ppm) da Resolução CONAMA 03/90
- Concentrações máximas de partículas inaláveis: diária e anual de 39,9 e 21,9 µg/m³ ocorridas no trecho 06. As concentrações máximas representam 26,6% e 43,8% dos padrões de qualidade do ar diário (150 µg/m^3) e anual (50 µg/m^3), respectivamente, da Resolução CONAMA 03/90
- Concentrações máximas de dióxido de enxofre: diária e anual de 21,3 e 11,7 µg/m^3 ocorrida no trecho 06. As concentrações máximas representam 5,8% e 14,6% dos padrões de qualidade do ar diário (365 µg/m^3) e anual (80 µg/m^3), respectivamente, da Resolução CONAMA 03/90.
- Concentrações máximas de hidrocarbonetos: horária de 0,4 ppm ocorrida no trecho 06, para as quais não há padrão nacional de qualidade do ar.

A modelagem das contribuições de poluentes dentro da área do Rodoanel no cenário de 2024 novamente indicou um potencial de ocorrência de concentrações de NO_2, que pontualmente poderão ultrapassar o PQAr, porém tal potencial foi bastante reduzido em

relação ao cenário de 2014, dada a evolução esperada dos fatores de emissão dos veículos brasileiros. Ressaltamos que as concentrações mais altas, caso venham a ocorrer, serão apenas sobre as pistas de rolamento, sendo rapidamente reduzidas à medida que se afasta das mesmas, conforme os gráficos de isoconcentrações apresentados no anexo III.

Face às considerações apresentadas, as modelagens de dispersão considerando os futuros carregamentos previstos para o Trecho Norte do Rodoanel apresentaram valores menores que os padrões primários de qualidade do ar para os parâmetros: Monóxido de Carbono, Partículas Inaláveis e Dióxido de Enxofre da Resolução CONAMA 03/90, mesmo sobre as faixas de rolamento da rodovia, com indicações bastante claras de que em função do PROCONVE as contribuições de poluentes veiculares na qualidade do ar tendem a diminuir no cenário de 2024.

As únicas emissões que apresentaram a possibilidade de contribuição acima do PQAr são as de NOx, modeladas com base nas piores condições de dispersão atmosférica. A possibilidade de ocorrência dessas condições, entretanto, é extremamente restrita, conforme discutido no relatório e neste anexo. Tais contribuições, entretanto, reduzem-se, segundo a modelagem, com o aumento da distância em relação à pista de rolamento, vindo a atingir valores abaixo do PQAr nas proximidades do limite da faixa de domínio. As incertezas inerentes aos dados de volume de tráfego não permitem estabelecer com segurança se os valores de contribuição chegarão a atingir valores superiores ao PQAr nas vizinhanças da faixa de domínio, mas caso esta possibilidade venha a se confirmar, será em eventos extremamente esporádicos e de curta duração ao longo do dia (apenas algumas horas) e pouca repetibilidade em dias subseqüentes.

A questão das ultrapassagens de NOx, conforme comentado no corpo do relatório, refere-se principalmente à formação de ozônio troposférico, a qual corresponde a um fenômeno regional para o qual contribui o total das emissões de NOx e de HC da RMSP. Neste caso, a construção do Rodoanel terá pouca influência, posto que suas emissões são desprezíveis frente à emissão global da região, tendendo até mesmo a ser benéfica, pois melhora a fluidez do tráfego em outras vias, como a Marginal do Tietê, aumentando tanto a velocidade dos veículos que trafegarão pelo Rodoanel quanto a dos que permanecerem na Marginal, reduzindo as emissões totais deste poluente.

Devido à possibilidade de ocorrência de ultrapassagens pontuais do padrão de NOx dentro da faixa de domínio, entretanto, recomenda-se a instalação de ao menos uma estação

para monitoramento da qualidade do ar em local a ser definido conforme metodologia proposta no EIA.

II.6. Bibliografia

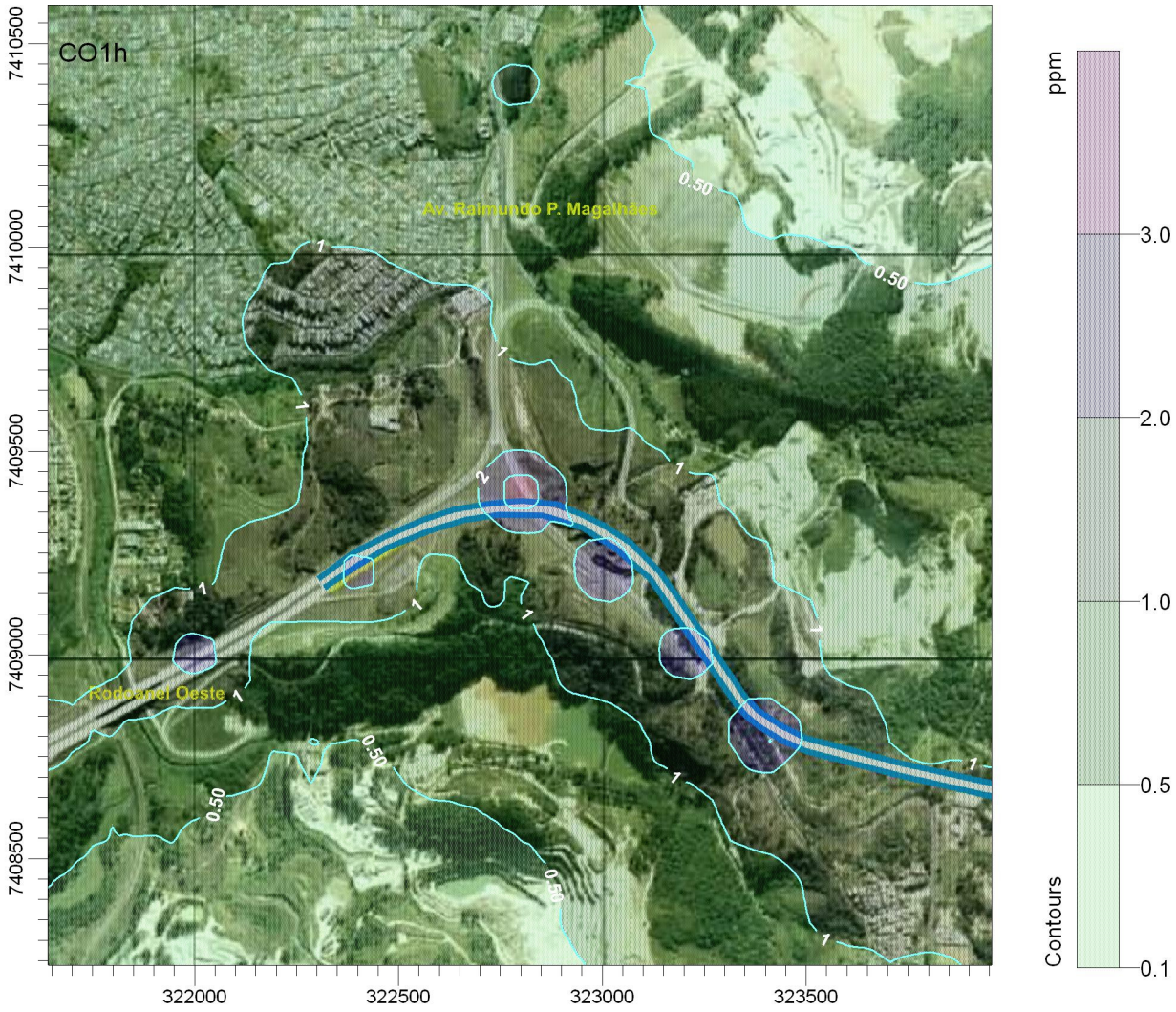
Caltrans – U.C. Davis Air Quality Project “User’s Guide for CL4: A User-Friendly Interface for the Caline4 Model for Transportation Project Impact Assessments” June 1998.

EPA 454/R-99-005 “Meteorogical Monitoring Guidance for Regulatory Modeling Aplications”, Feb 2000

EPA 450/4-88-002 a “Industrial Source Complex (ISC) Dispersion Model User’s Guide” volume I, Dec 1987

Anexo III

Gráficos de Isoconcentrações dos Trechos 01 a 06
Cenários: 2.014 e 2.024

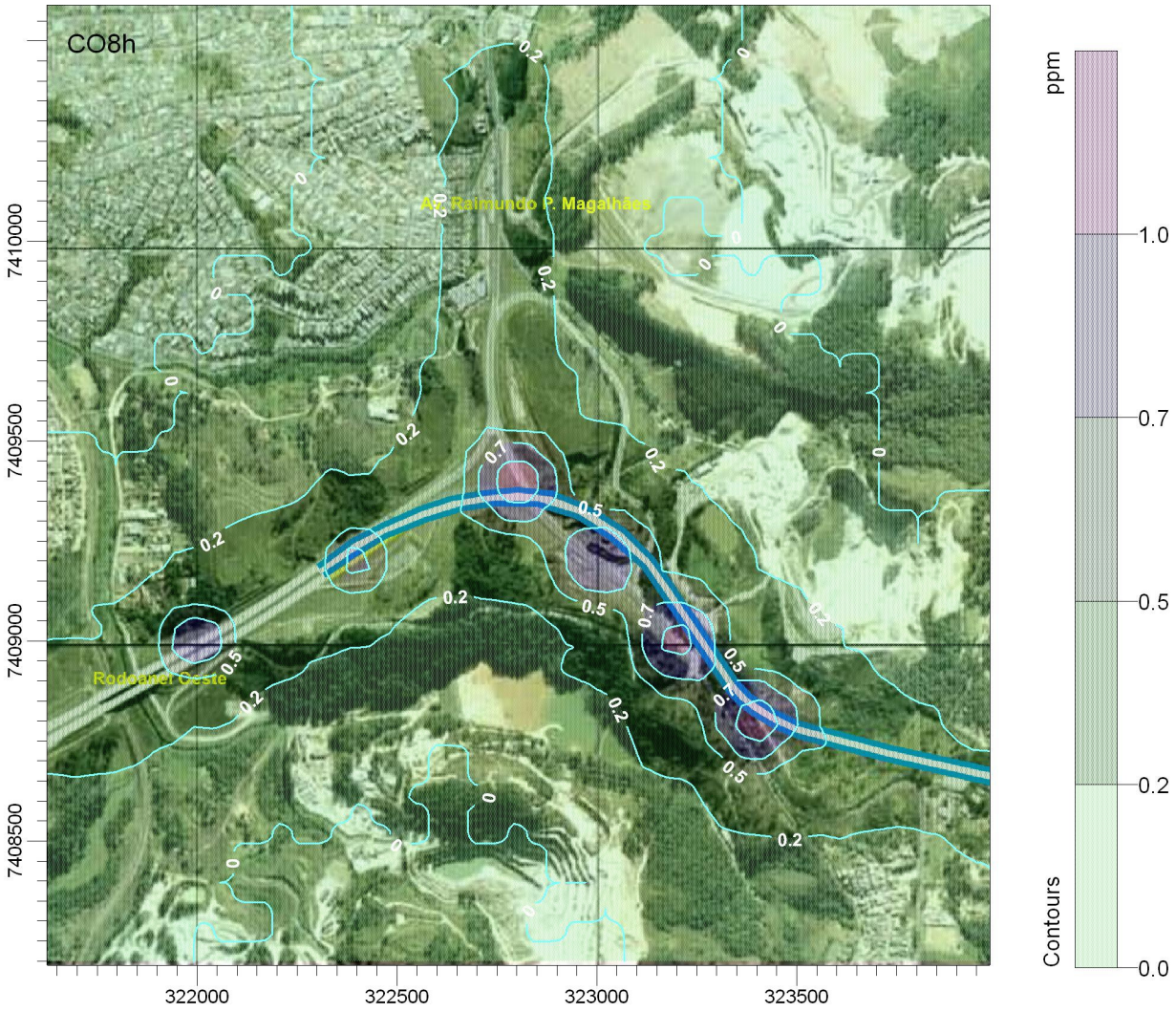


Trecho 01, Cenário 2.014: Concentração de CO (ppm), Período – 1 hora

Poluente: CO
Período: 1 hora
Padrão Primário: 40.000 µg/m³ (34,9 ppm)

Trecho 01, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de CO (ppm), Período – 1 hora

Poluente: CO
Período: 1 hora
Padrão Primário: 40.000 µg/m³ (34,9 ppm)

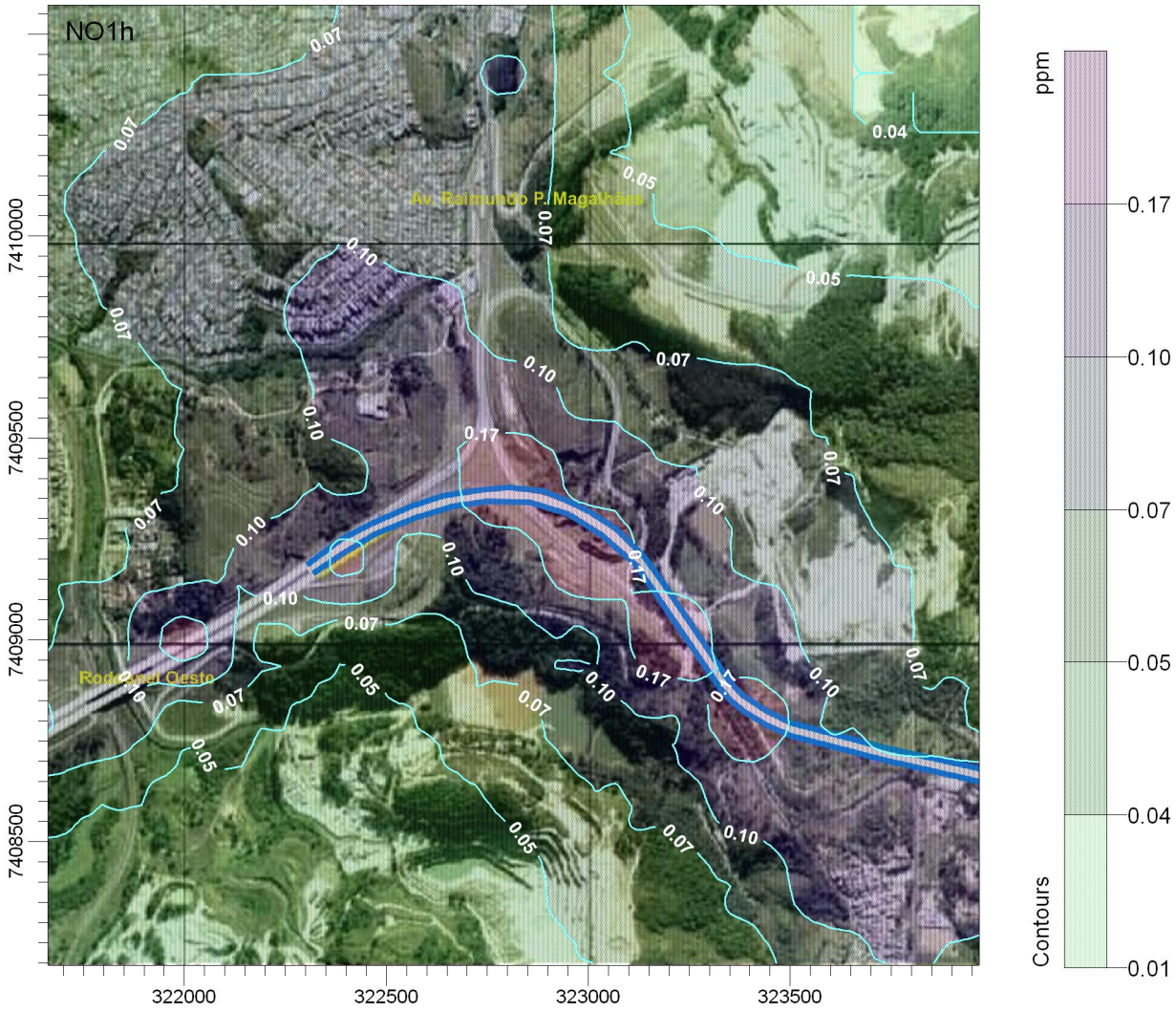


Trecho 01, Cenário 2.014: de CO (ppm), Período – 8 horas

Poluente: CO
Período: 8 horas
Padrão Primário: 10.000 µg/m³ (8,7 ppm)

Trecho 01, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de CO (ppm), Período – 8 horas

Poluente: CO
Período: 8 horas
Padrão Primário: 10.000 µg/m³ (8,7 ppm)

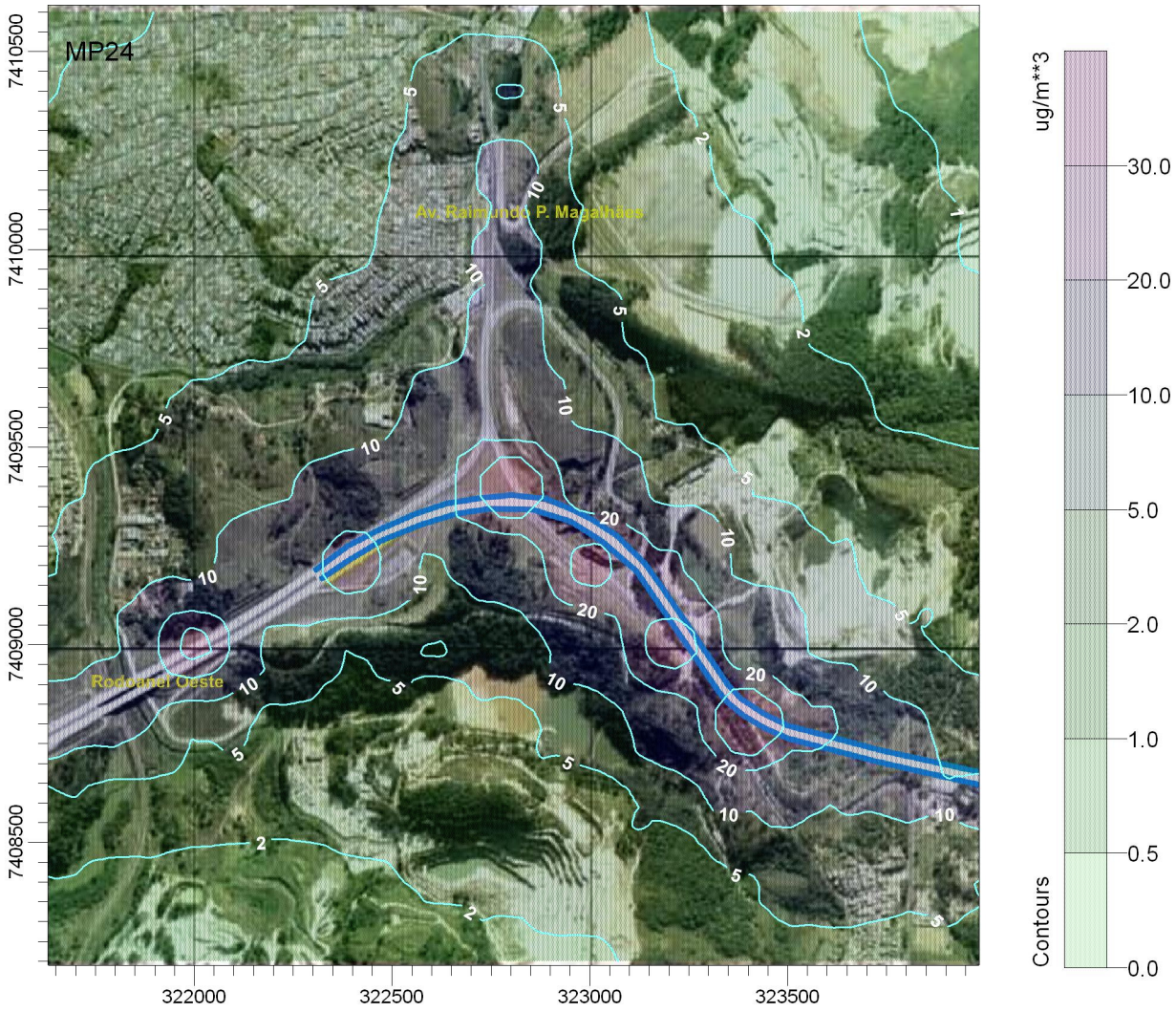


Trecho 01, Cenário 2.014: Concentração de NO_2 (ppm), Período – 1 hora

Poluente: NO_2
Período: 1 hora
Padrão Primário: 320 µg/m³ (0,17 ppm)

Trecho 01, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de NO_2 (ppm), Período – 1 hora

Poluente: NO_2
Período: 1 hora
Padrão Primário: 320 µg/m³ (0,17 ppm)

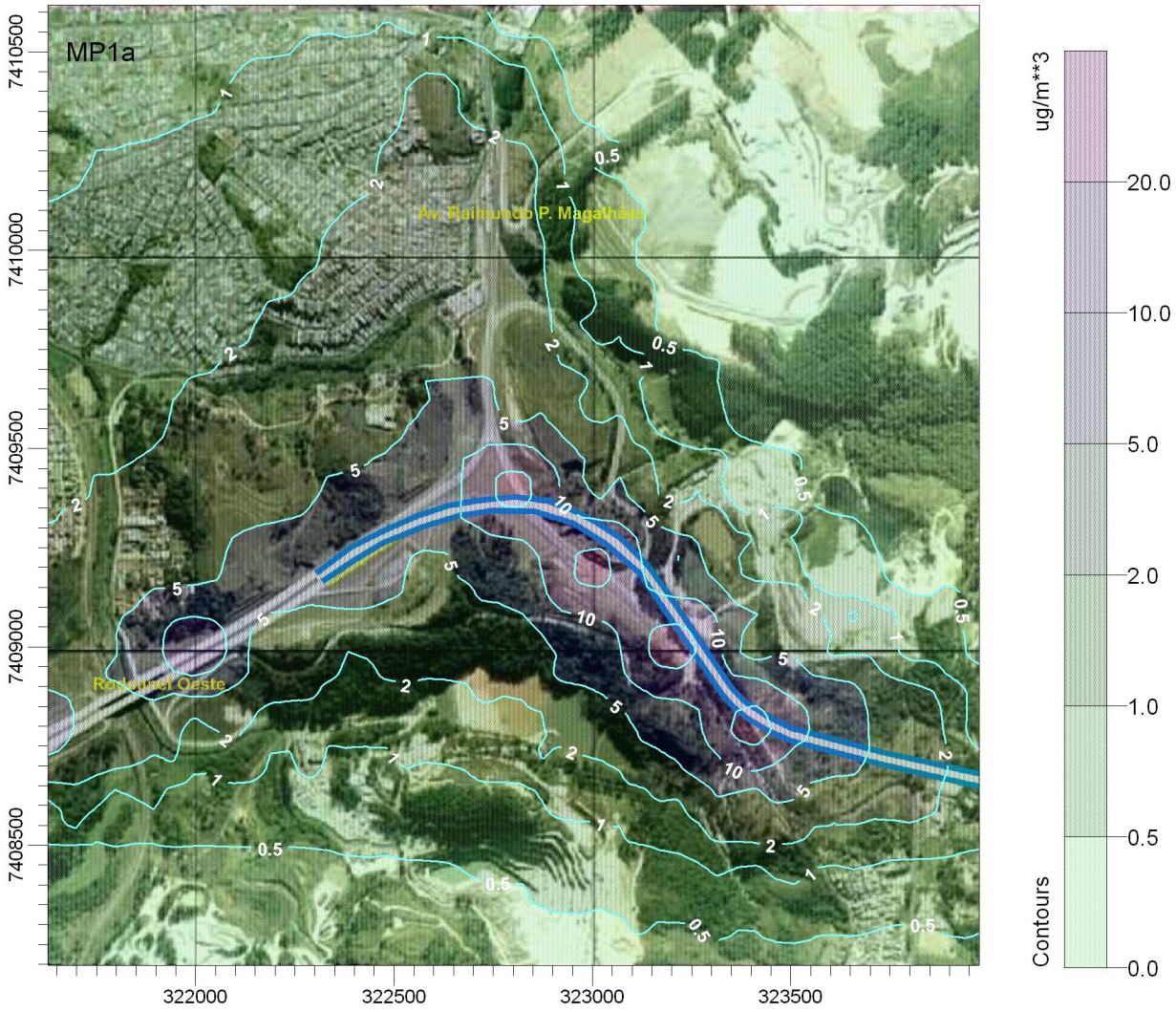


Trecho 01, Cenário 2.014: Concentração de MP (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: PI
Período: 24 horas
Padrão Primário: 150 µg/m³

Trecho 01, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de MP (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: PI
Período: 24 horas
Padrão Primário: 150 µg/m³

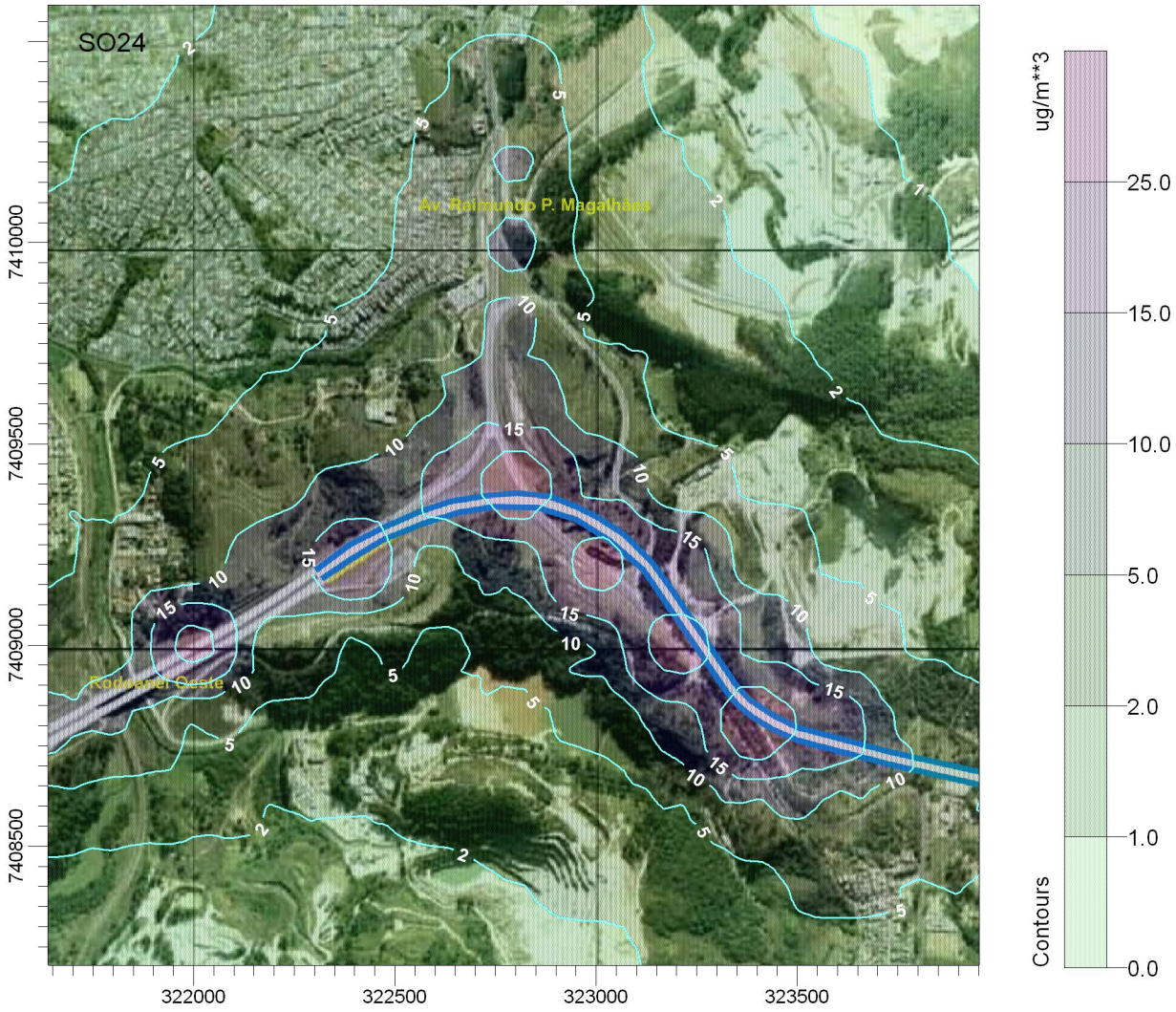


Trecho 01, Cenário 2.014: Concentração de MP (µg/m³), Período – Anual

Poluente: PI
Período: Anual
Padrão Primário: 50 µg/m³

Trecho 01, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de MP (µg/m³), Período – Anual

Poluente: PI
Período: Anual
Padrão Primário: 50 µg/m³

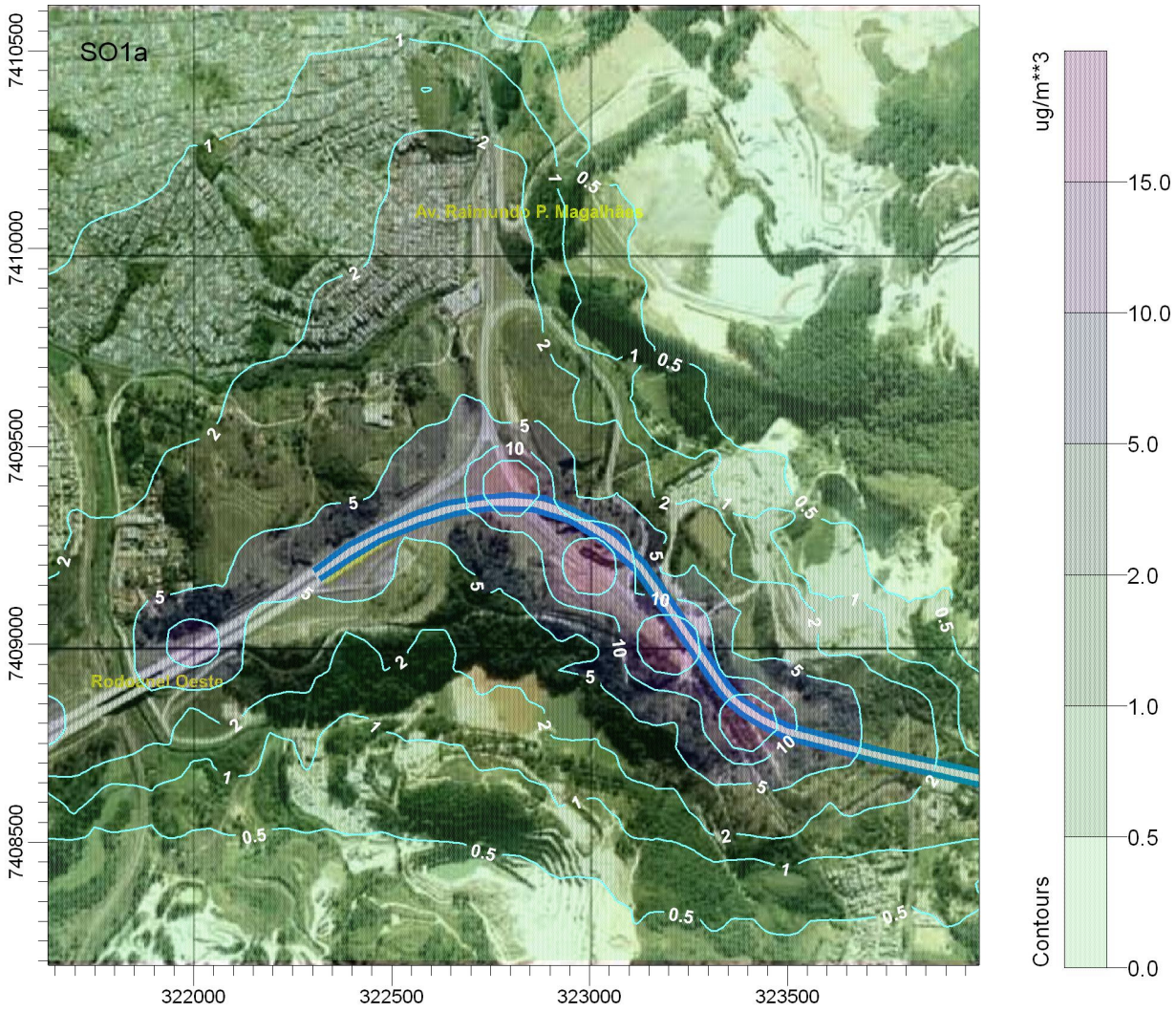


Trecho 01, Cenário 2.014: Concentração de SO_2 (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: SO_2
Período: 24 horas
Padrão Primário: 365 µg/m³
Padrão Secundário: 100 µg/m³

Trecho 01, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de SO_2 (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: SO_2
Período: 24 horas
Padrão Primário: 365 µg/m³
Padrão Secundário: 100 µg/m³

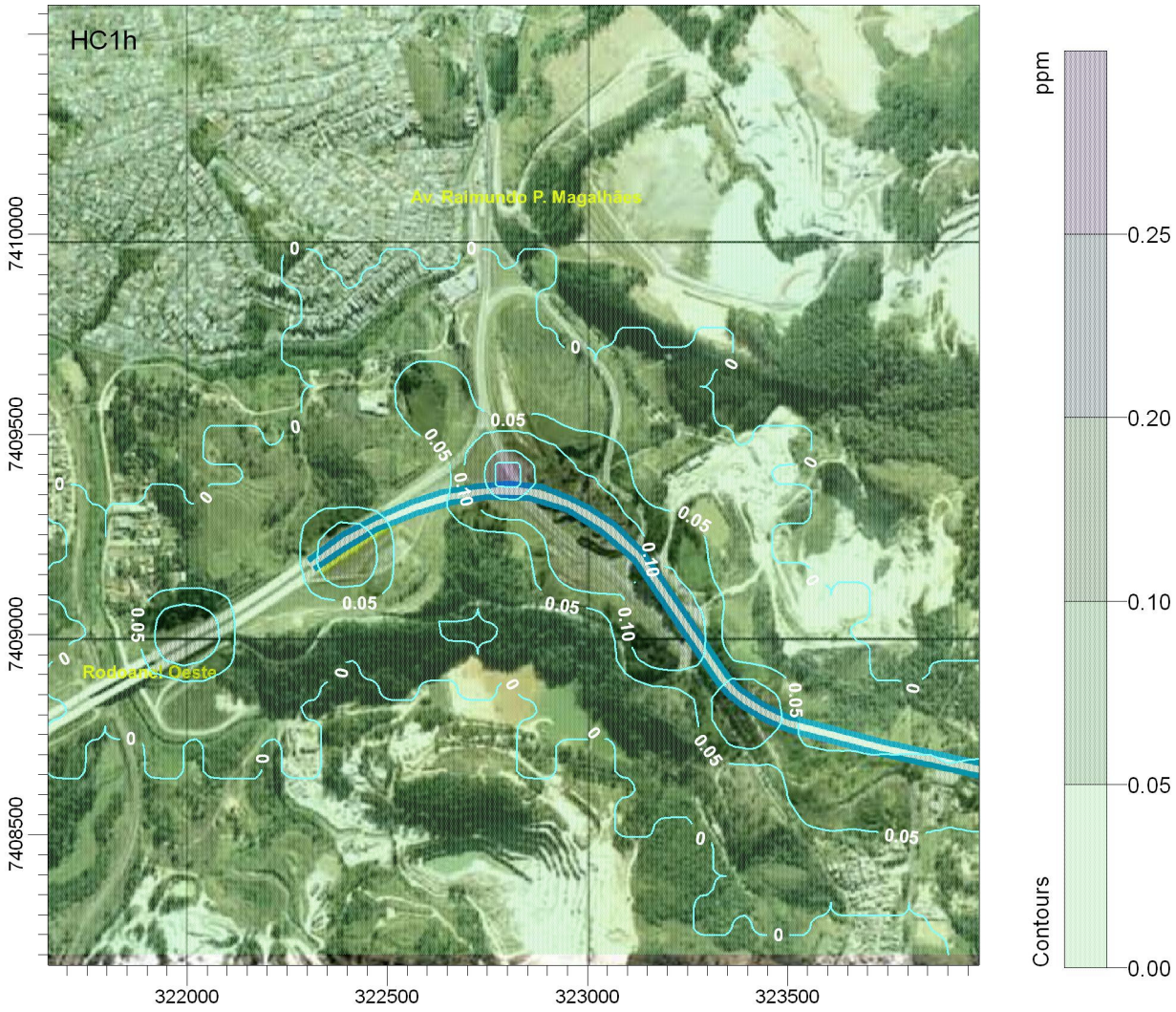


Trecho 01, Cenário 2.014: Concentração de SO_2 (µg/m³), Período – Anual

Poluente: SO_2
Período: Anual
Padrão Primário: 80 µg/m³
Padrão Secundário: 40 µg/m³

Trecho 01, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de SO_2 (µg/m³), Período – Anual

Poluente: SO_2
Período: Anual
Padrão Primário: 80 µg/m³
Padrão Secundário: 40 µg/m³

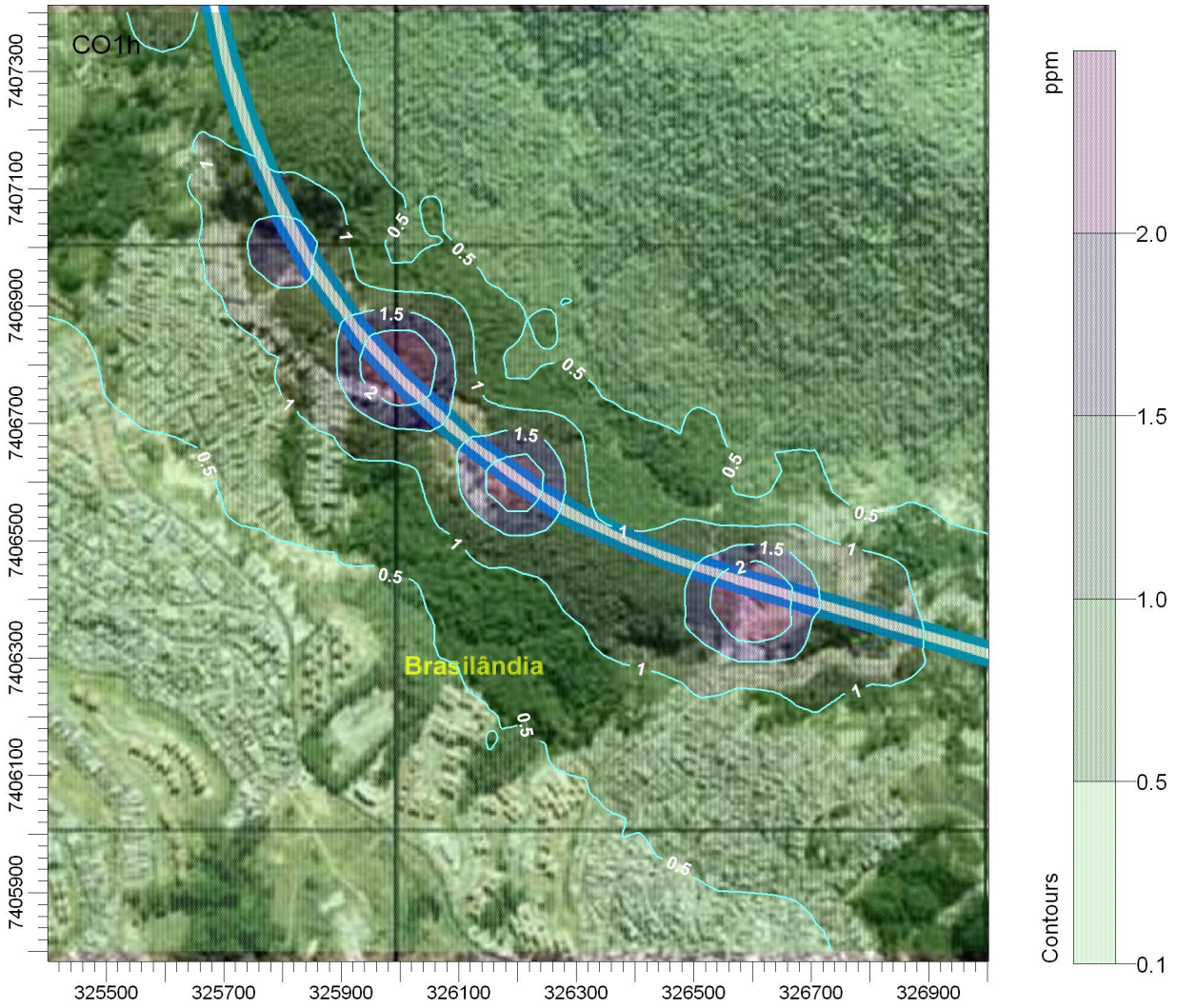


Trecho 01, Cenário 2.014: Concentração de HC (ppm), Período – 1 hora

Poluente: HC (como hexano)
Período: 1 hora
Padrão Primário: -

Trecho 01, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de HC (ppm), Período – 1 hora

Poluente: HC (como hexano)
Período: 1 hora
Padrão Primário: -

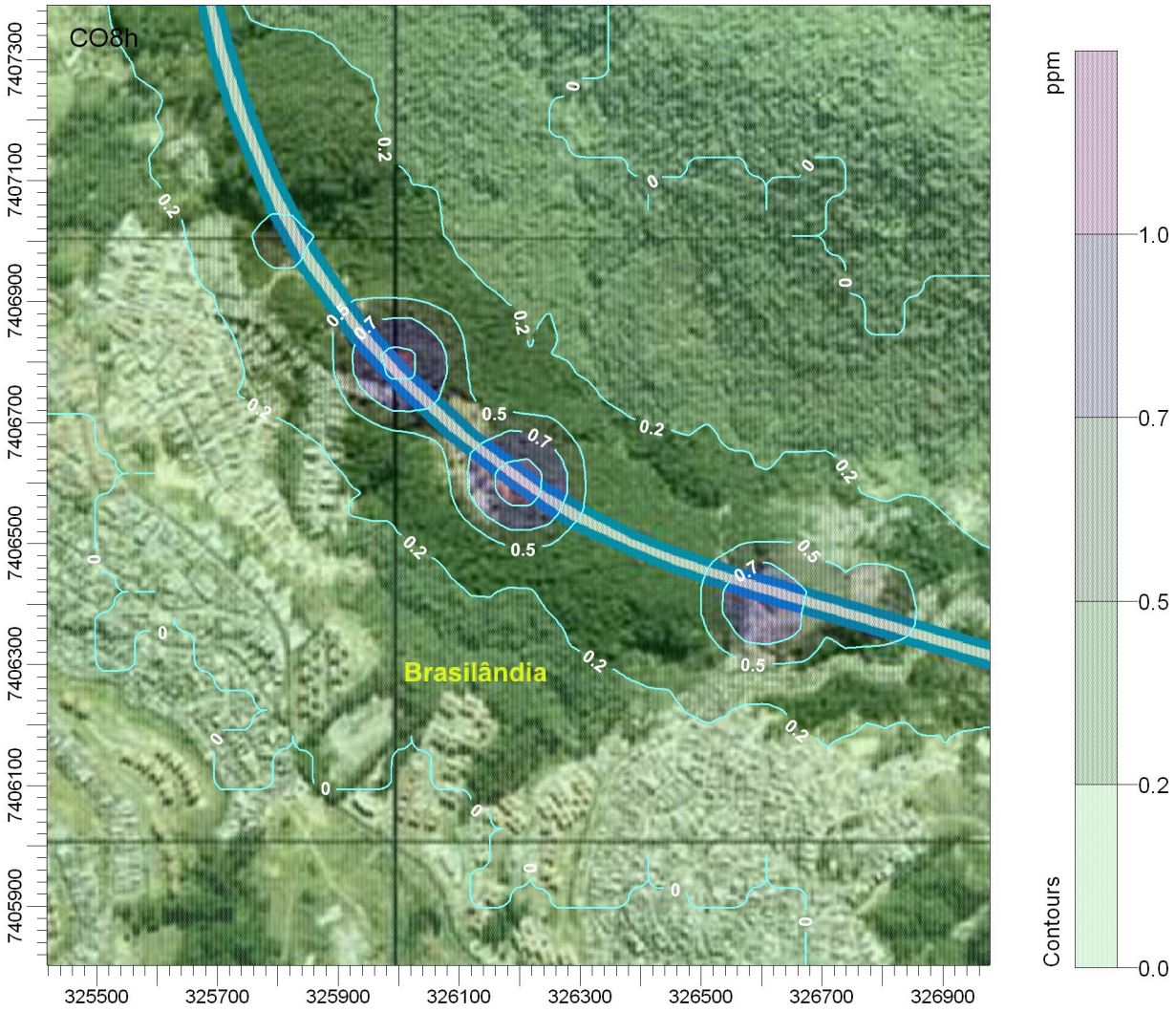


Trecho 02, Cenário 2.014: Concentração de CO (ppm), Período – 1 hora

Poluente: CO
Período: 1 hora
Padrão Primário: 40.000 µg/m³ (34,9 ppm)

Trecho 02, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de CO (ppm), Período – 1 hora

Poluente: CO
Período: 1 hora
Padrão Primário: 40.000 µg/m³ (34,9 ppm)

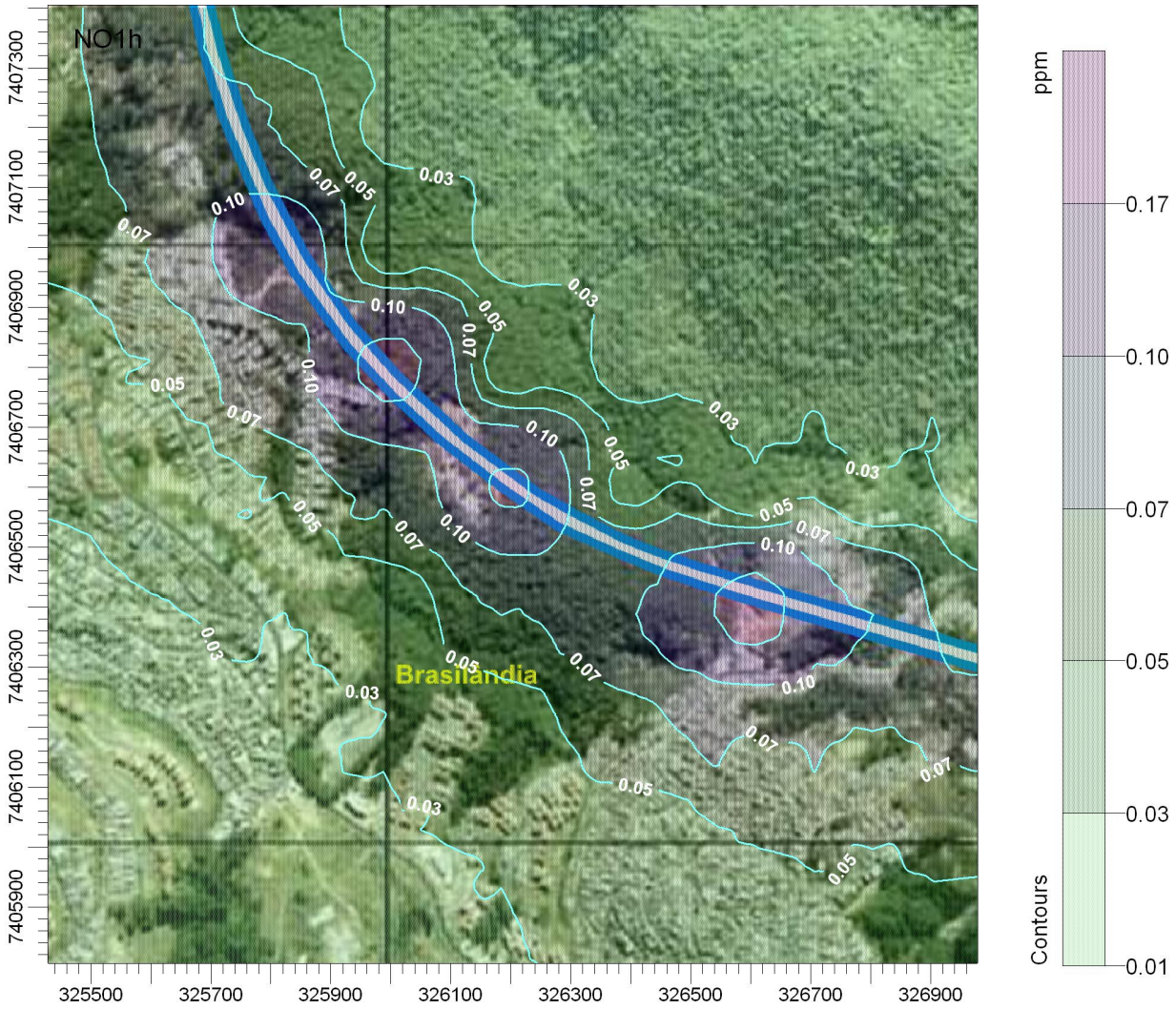


Trecho 02, Cenário 2.014: Concentração de CO (ppm), Período – 8 horas

Poluente: CO
Período: 8 horas
Padrão Primário: 10.000 µg/m³ (8,7 ppm)

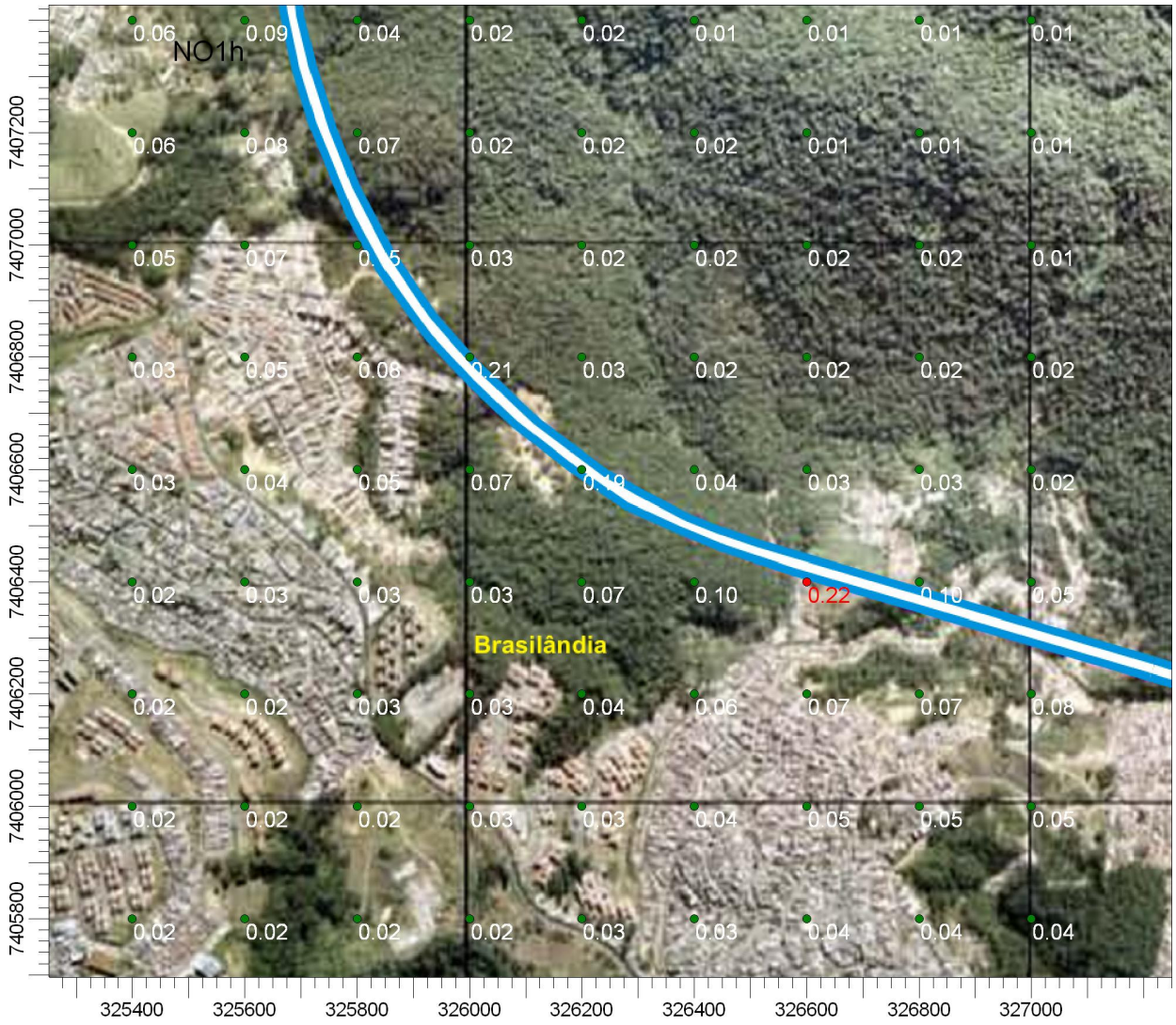
Trecho 02, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de CO (ppm), Período – 8 horas

Poluente: CO
Período: 8 horas
Padrão Primário: 10.000 µg/m³ (8,7 ppm)



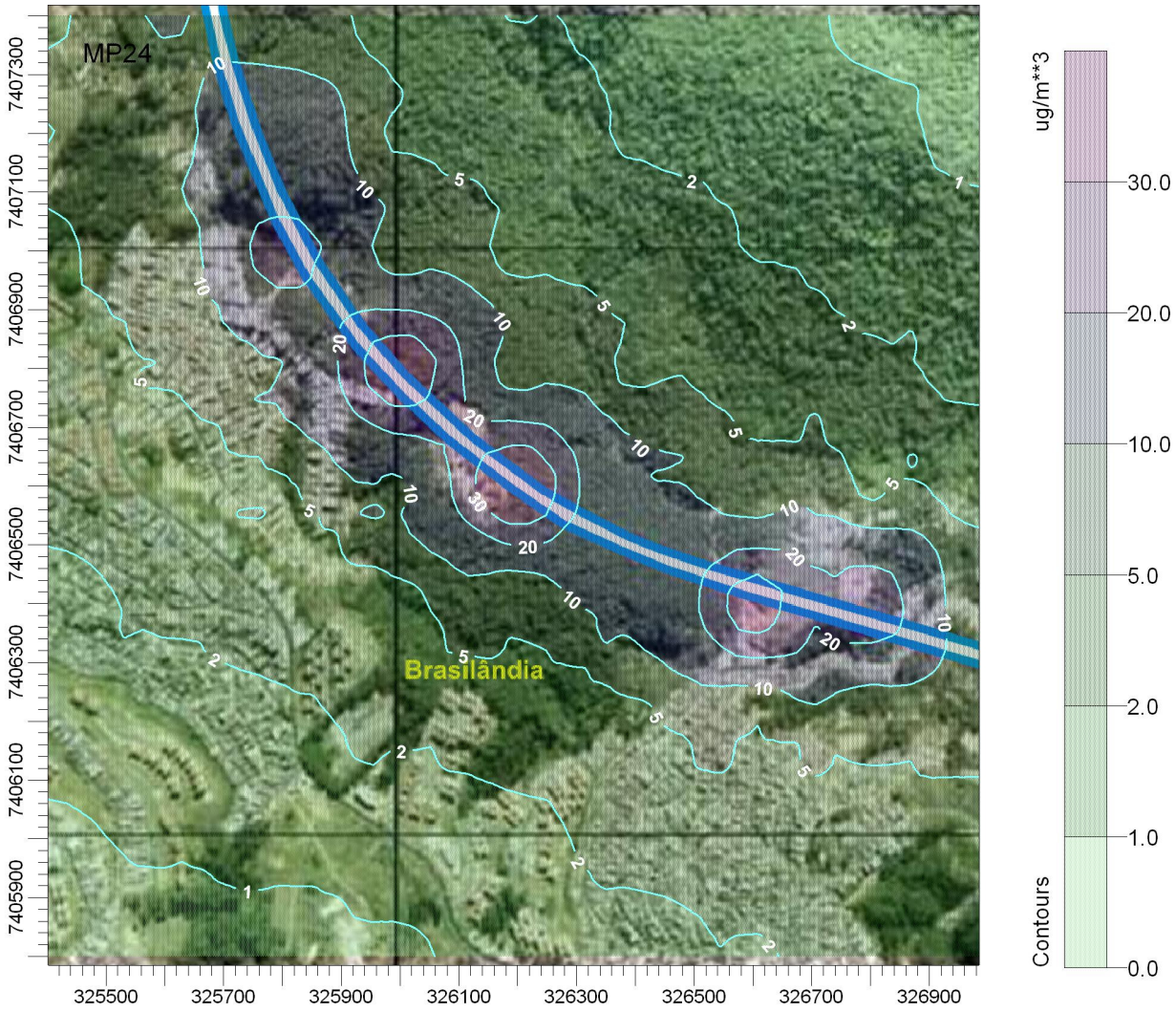
Trecho 02, Cenário 2.014: Concentração de NO_2 (ppm), Período – 1 hora

Poluente: NO_2
Período: 1 hora
Padrão Primário: 320 µg/m³ (0,17 ppm)



Trecho 02, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de NO_2 (ppm), Período – 1 hora

Poluente: NO_2
Período: 1 hora
Padrão Primário: 320 µg/m³ (0,17 ppm)

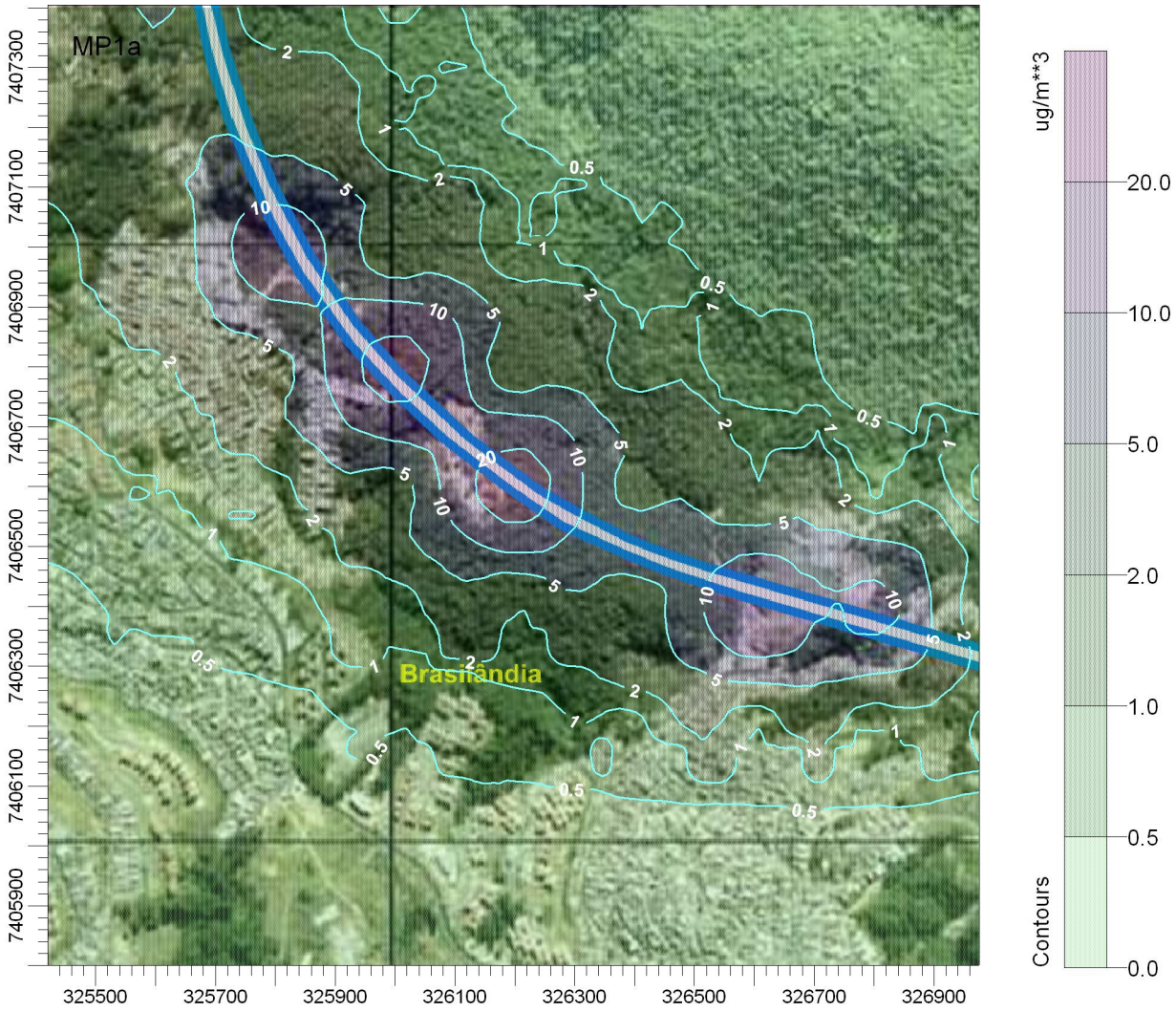


Trecho 02, Cenário 2.014: Concentração de MP (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: PI
Período: 24 horas
Padrão Primário: 150 µg/m³

Trecho 02, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de MP (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: PI
Período: 24 horas
Padrão Primário: 150 µg/m³

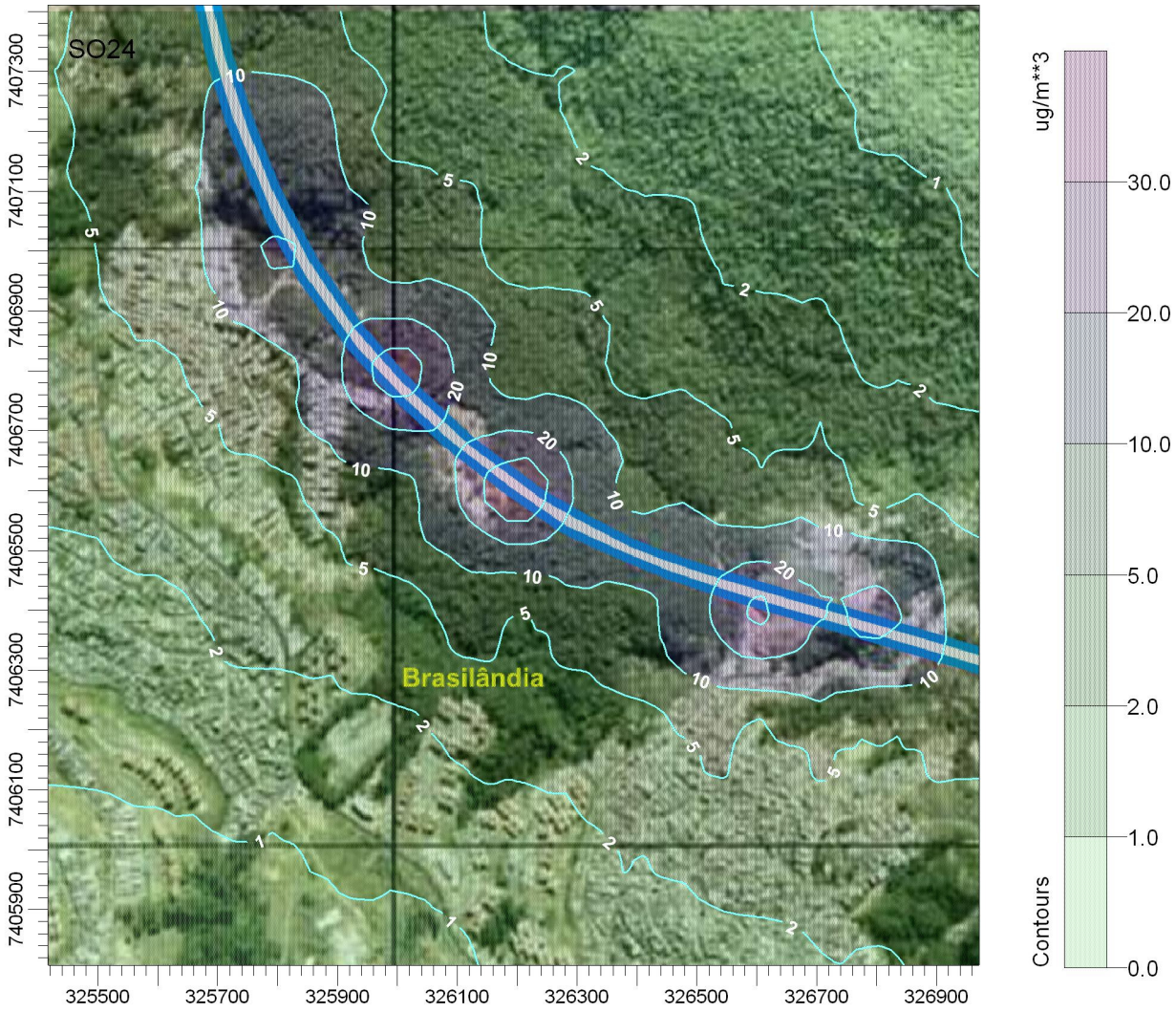


Trecho 02, Cenário 2.014: Concentração de MP (µg/m³), Período – Anual

Poluente: PI
Período: Anual
Padrão Primário: 50 µg/m³

Trecho 02, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de MP (µg/m³), Período – Anual

Poluente: PI
Período: Anual
Padrão Primário: 50 µg/m³

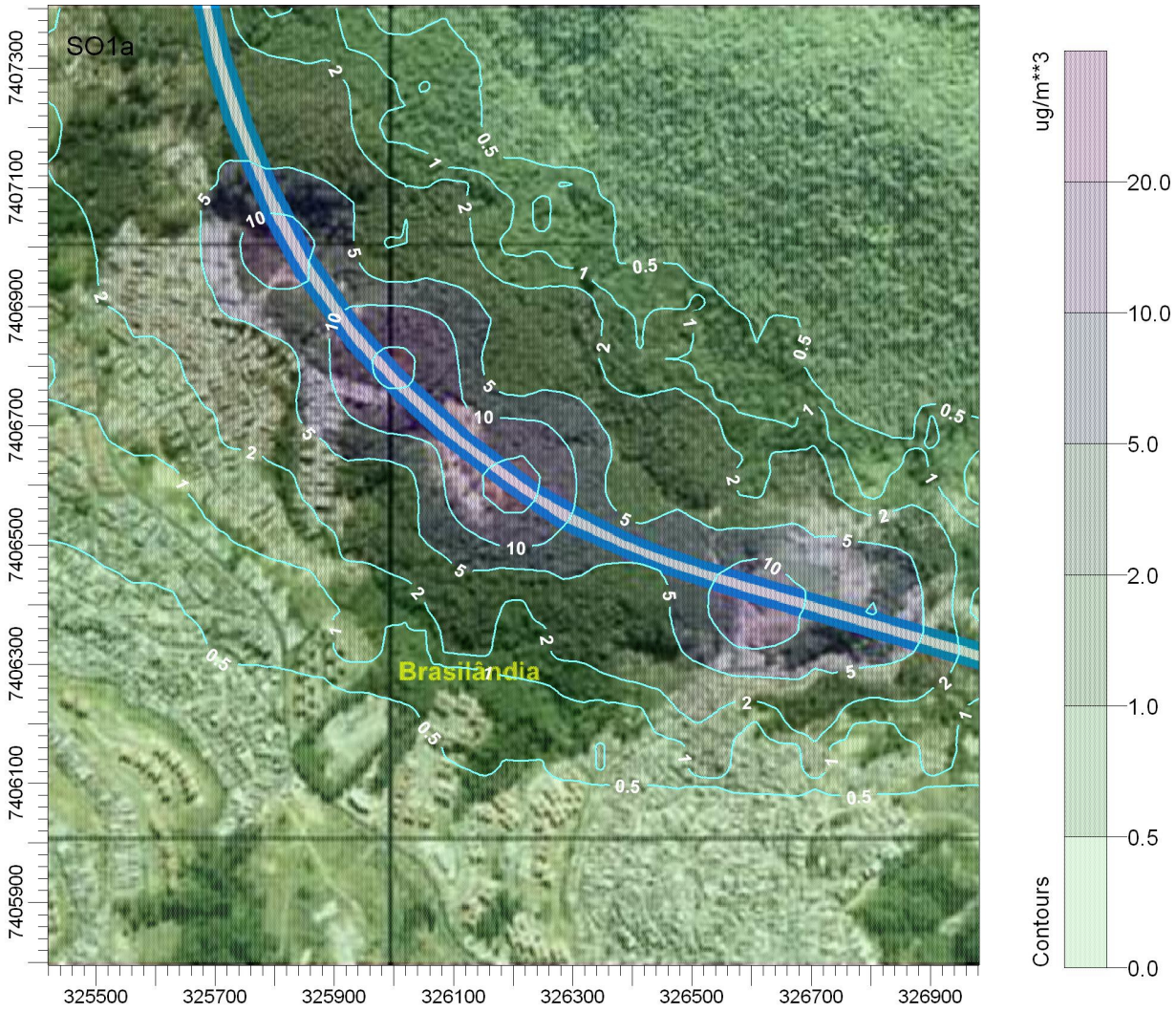


Trecho 02, Cenário 2.014: Concentração de SO_2 (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: SO_2
Período: 24 horas
Padrão Primário: 365 µg/m³
Padrão Secundário: 100 µg/m³

Trecho 02, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de SO_2 (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: SO_2
Período: 24 horas
Padrão Primário: 365 µg/m³
Padrão Secundário: 100 µg/m³

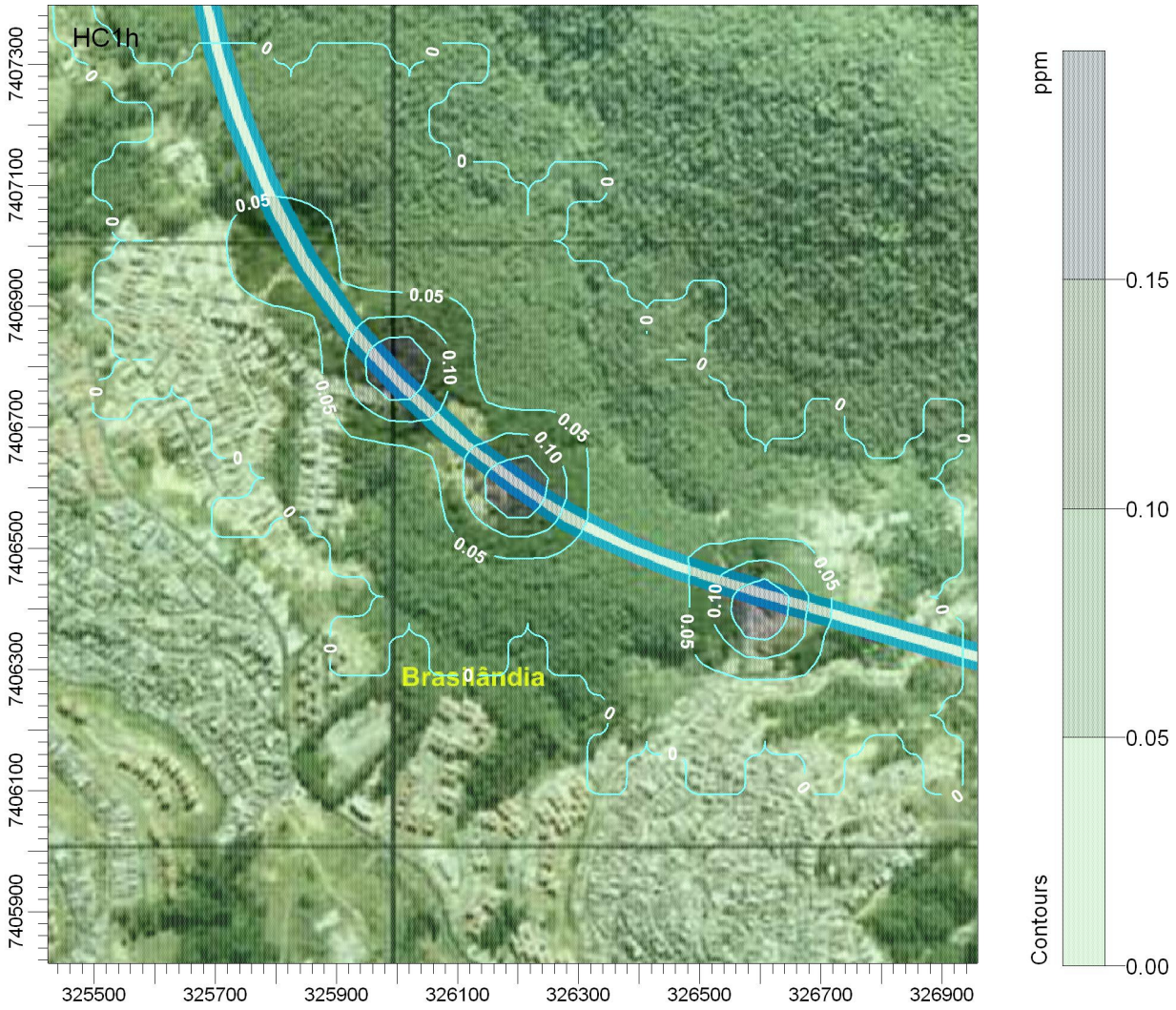


Trecho 02, Cenário 2.014: Concentração de SO_2 (µg/m³), Período – Anual

Poluente: SO_2
Período: Anual
Padrão Primário: 80 µg/m³
Padrão Secundário: 40 µg/m³

Trecho 02, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de SO_2 (µg/m³), Período – Anual

Poluente: SO_2
Período: Anual
Padrão Primário: 80 µg/m³
Padrão Secundário: 40 µg/m³

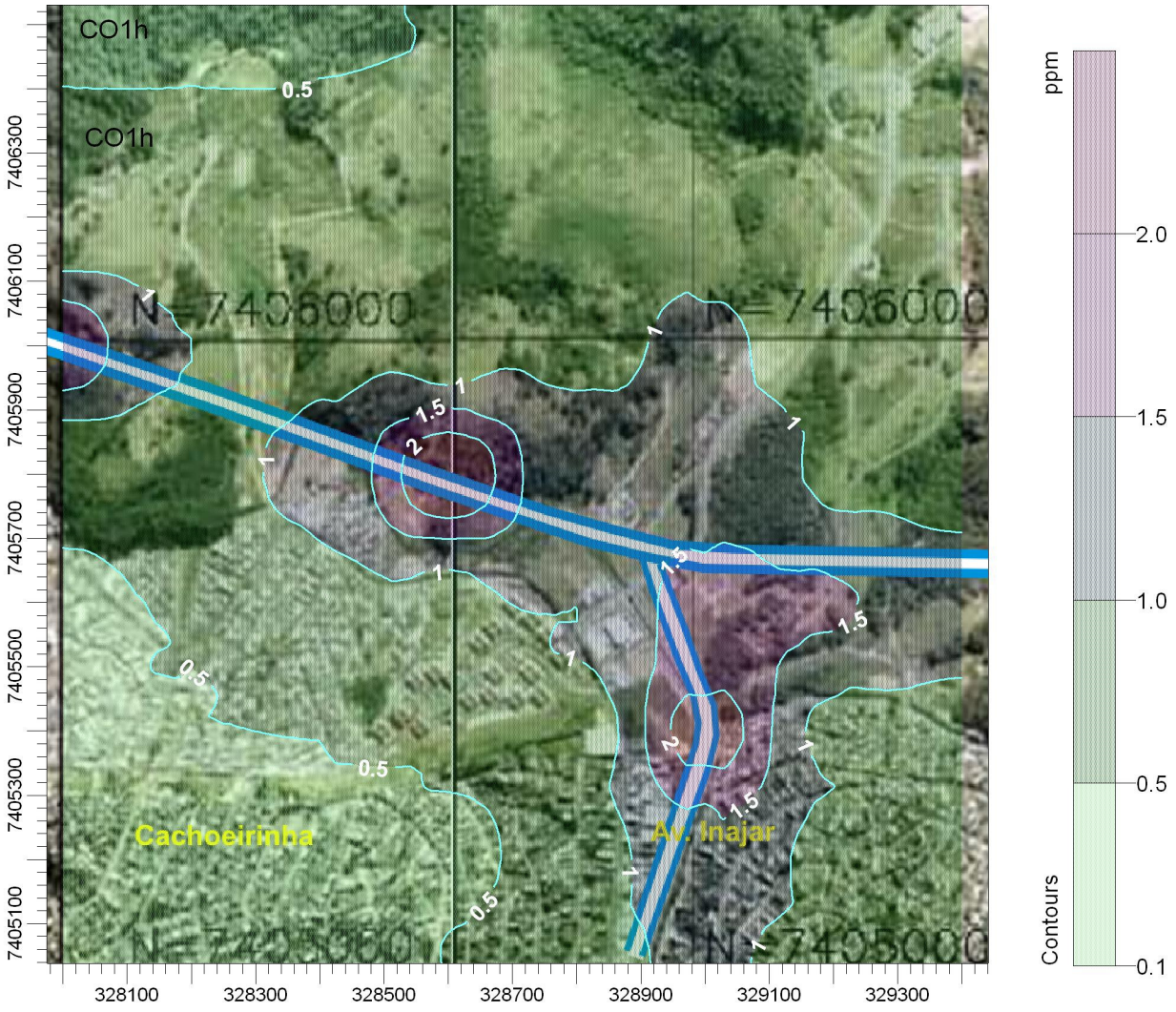


Trecho 02, Cenário 2.014: Concentração de HC (ppm), Período – 1 hora

Poluente: HC (como Hexano)
Período: 1 hora
Padrão Primário: -

Trecho 02, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de HC (ppm), Período – 1 hora

Poluente: HC (como Hexano)
Período: 1 hora
Padrão Primário: -

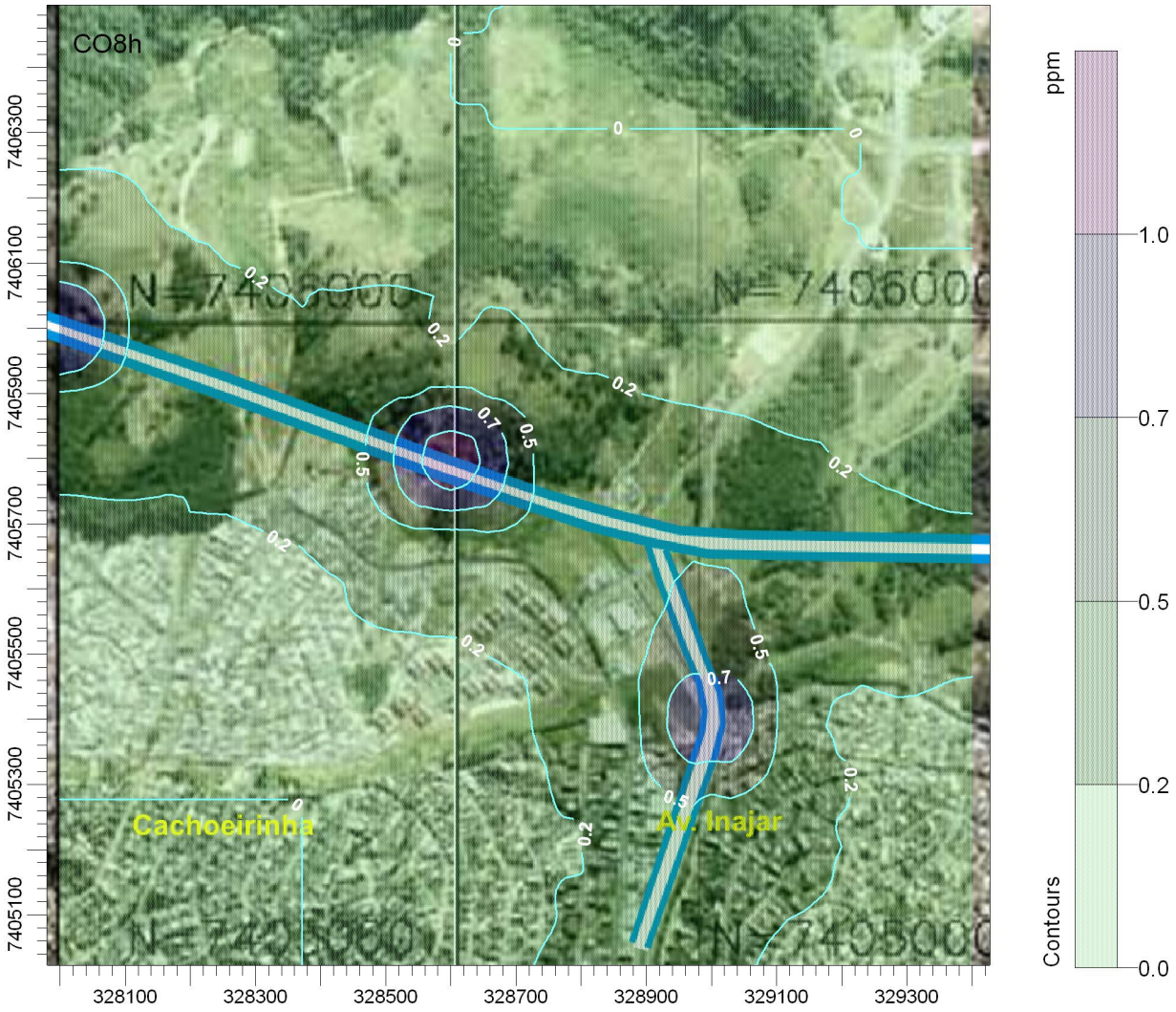


Trecho 03, Cenário 2.014: Concentração de CO (ppm), Período – 1 hora

Poluente: CO
Período: 1 hora
Padrão Primário: 40.000 µg/m³ (34,9 ppm)

Trecho 03, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de CO (ppm), Período – 1 hora

Poluente: CO
Período: 1 hora
Padrão Primário: 40.000 µg/m³ (34,9 ppm)

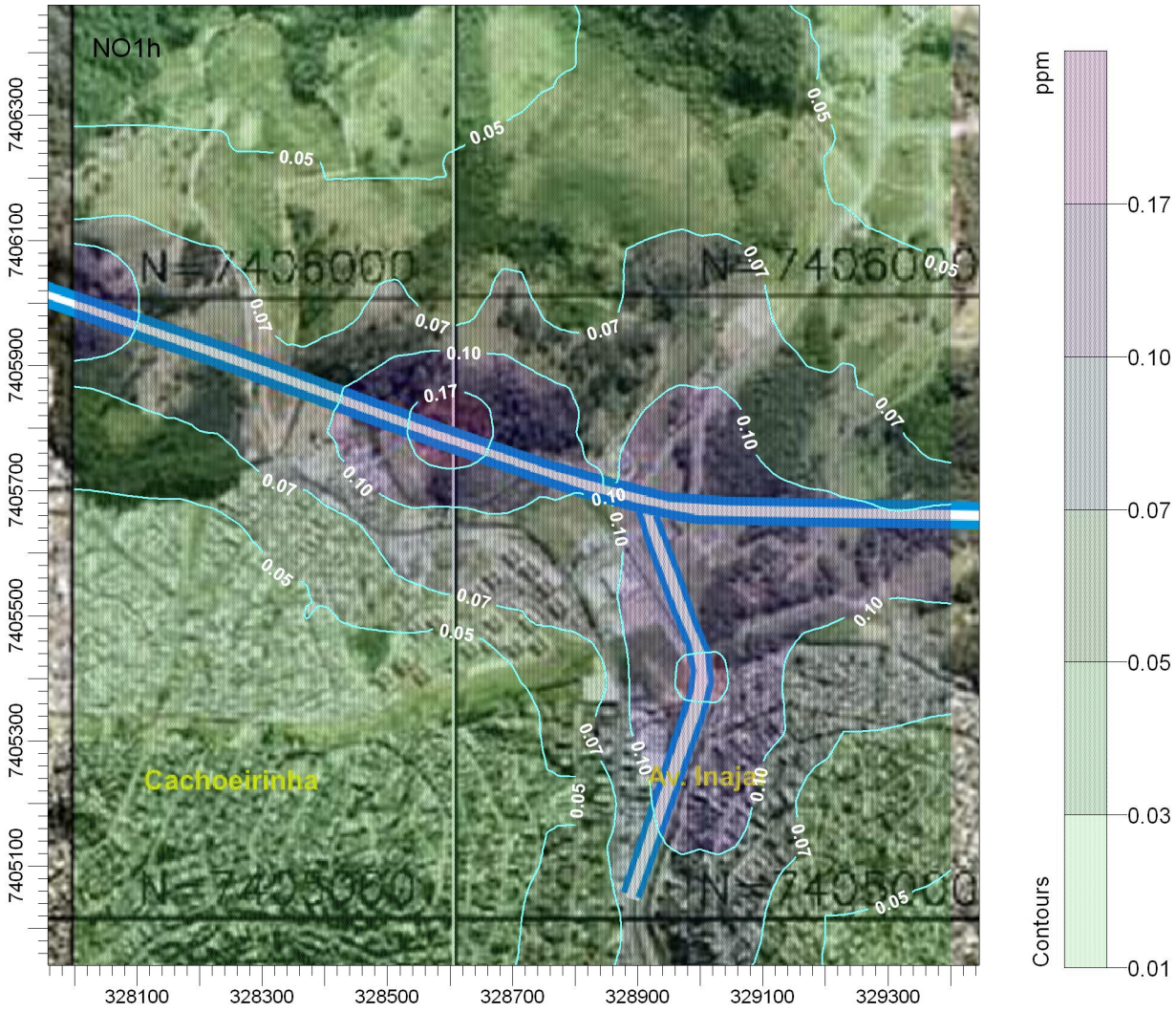


Trecho 03, Cenário 2.014: Concentração de CO (ppm), Período – 8 horas

Poluente: CO
Período: 8 horas
Padrão Primário: 10.000 µg/m³ (8,7 ppm)

Trecho 03, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de CO (ppm), Período – 8 horas

Poluente: CO
Período: 8 horas
Padrão Primário: 10.000 µg/m³ (8,7 ppm)

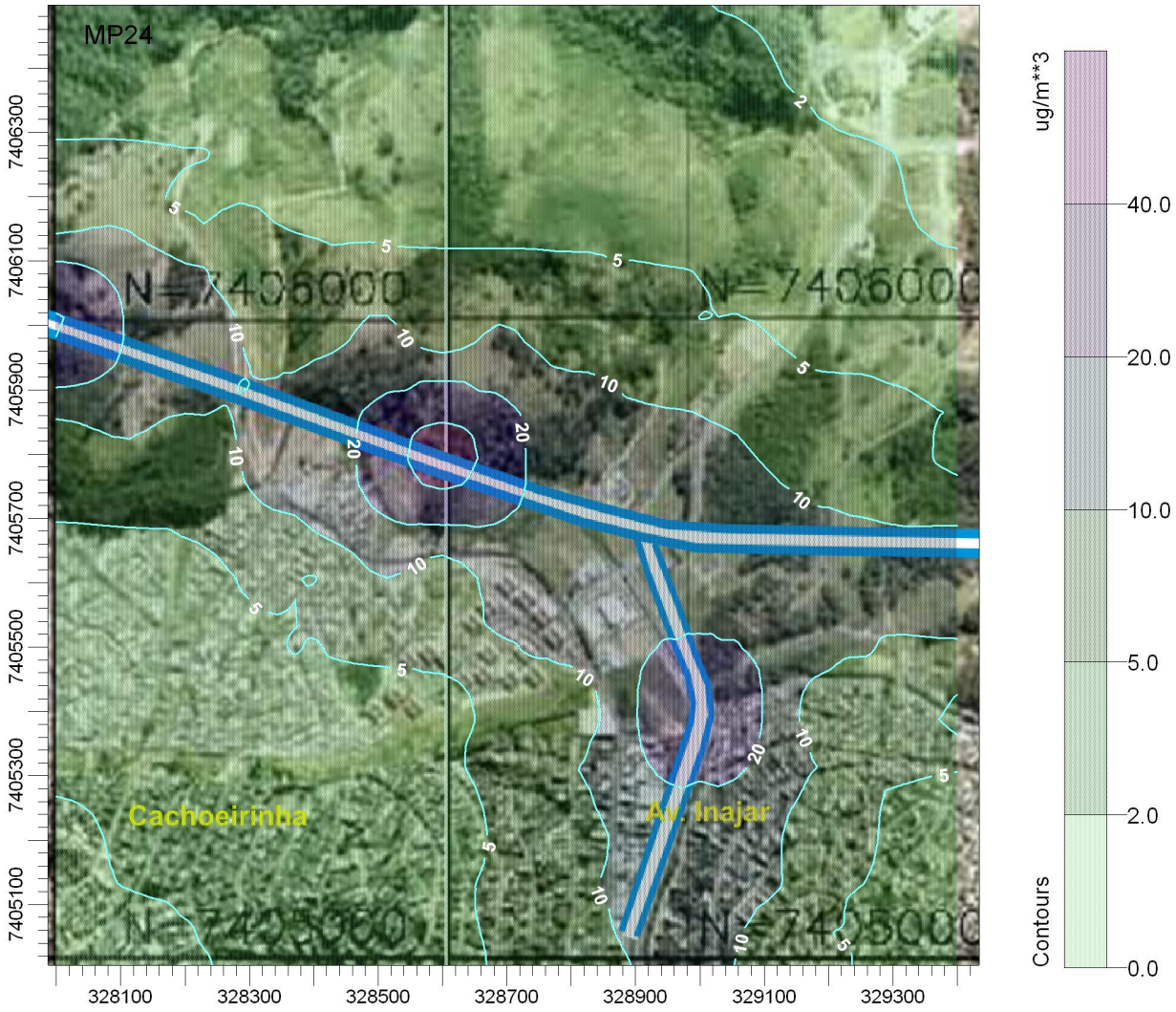


Trecho 03, Cenário 2.014: Concentração de NO_2 (ppm), Período – 1 hora

Poluente: NO_2
Período: 1 hora
Padrão Primário: 320 µg/m³ (0,17 ppm)

Trecho 03, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de NO_2 (ppm), Período – 1 hora

Poluente: NO_2
Período: 1 hora
Padrão Primário: 320 µg/m³ (0,17 ppm)

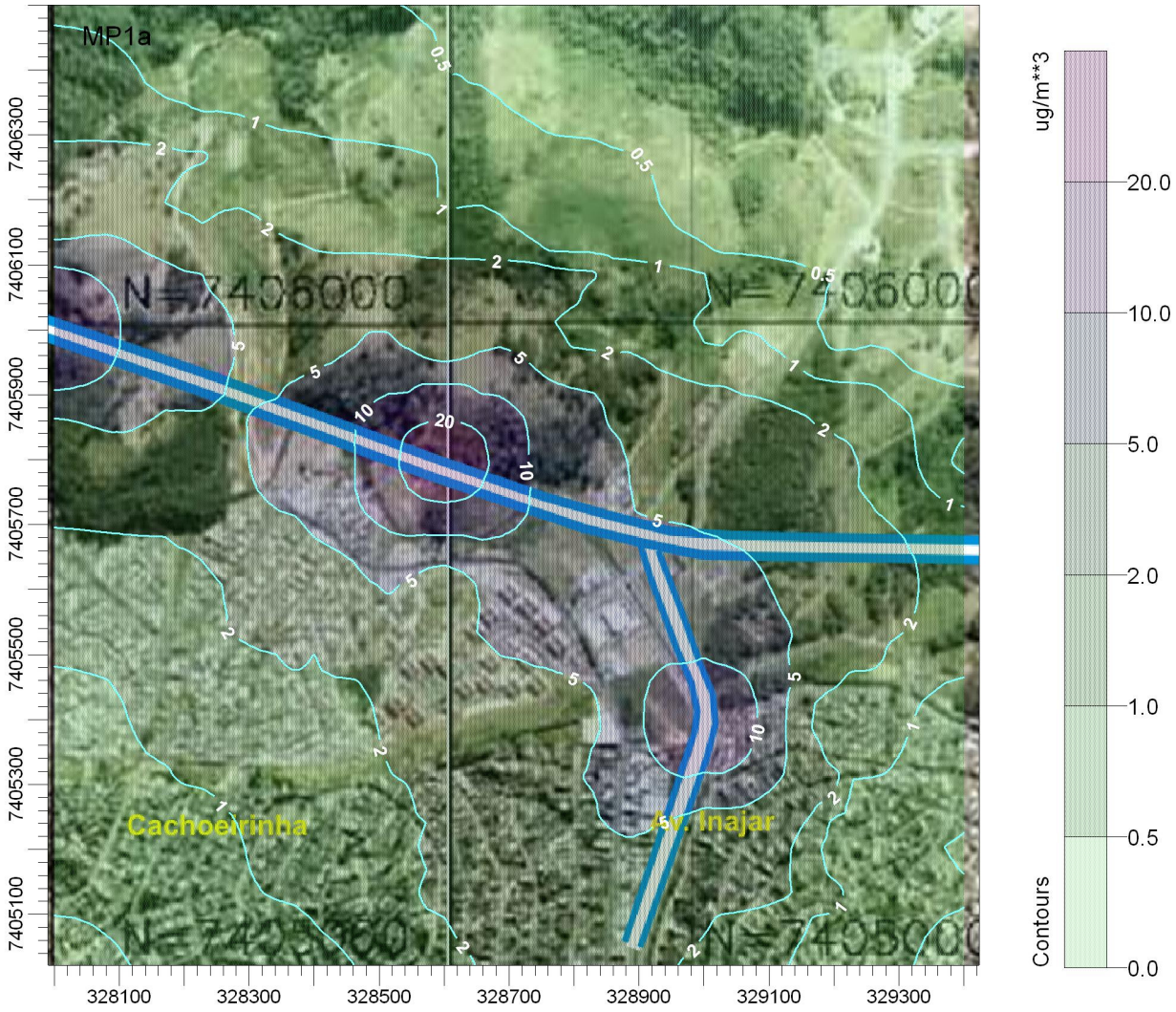


Trecho 03, Cenário 2.014: Concentração de MP (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: PI
Período: 24 horas
Padrão Primário: 150 µg/m³

Trecho 03, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de MP (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: PI
Período: 24 horas
Padrão Primário: 150 µg/m³

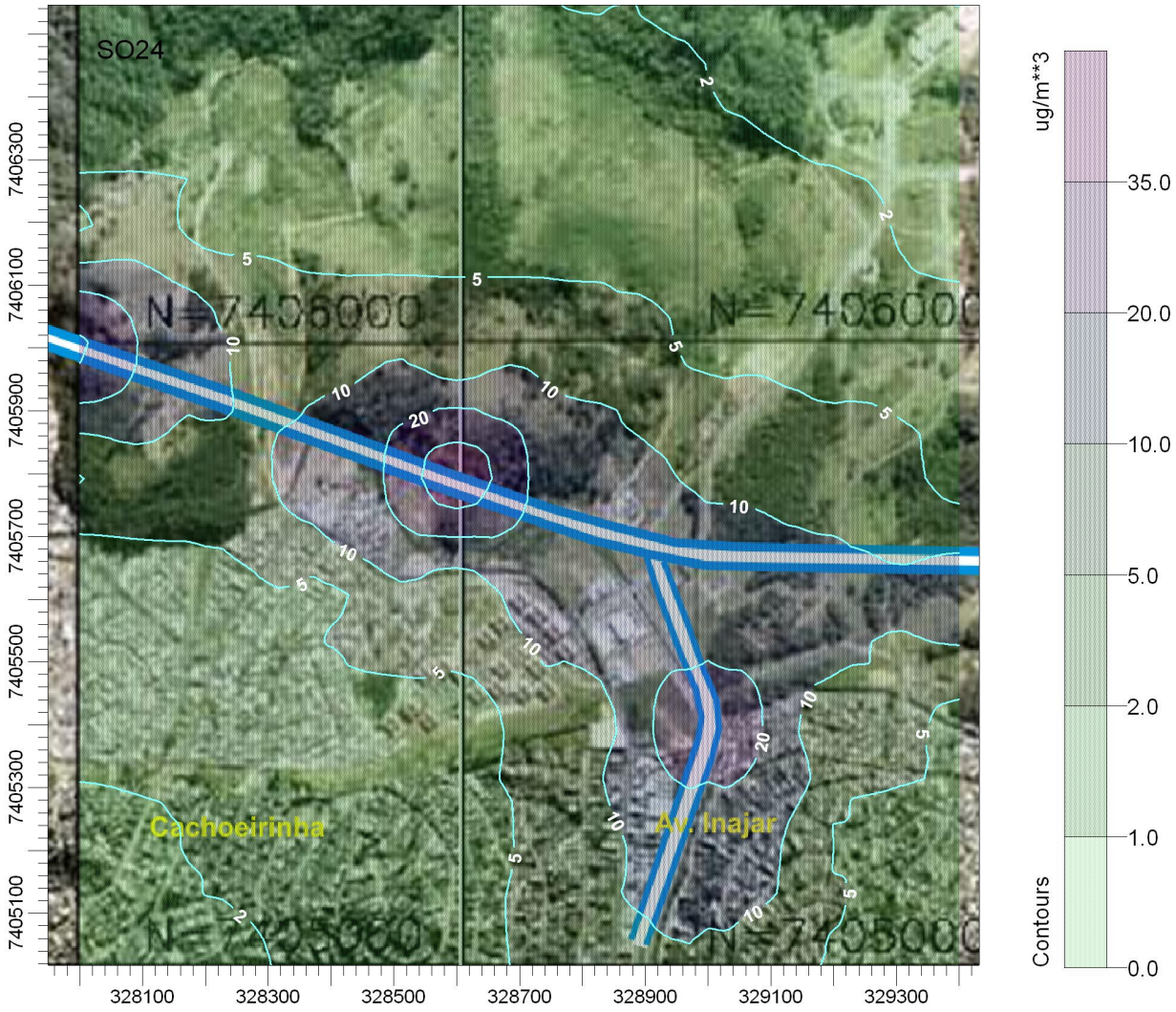


Trecho 03, Cenário 2.014: Concentração de MP (µg/m³), Período – Anual

Poluente: PI
Período: Anual
Padrão Primário: 50 µg/m³

Trecho 03, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de MP (µg/m³), Período – Anual

Poluente: PI
Período: Anual
Padrão Primário: 50 µg/m³

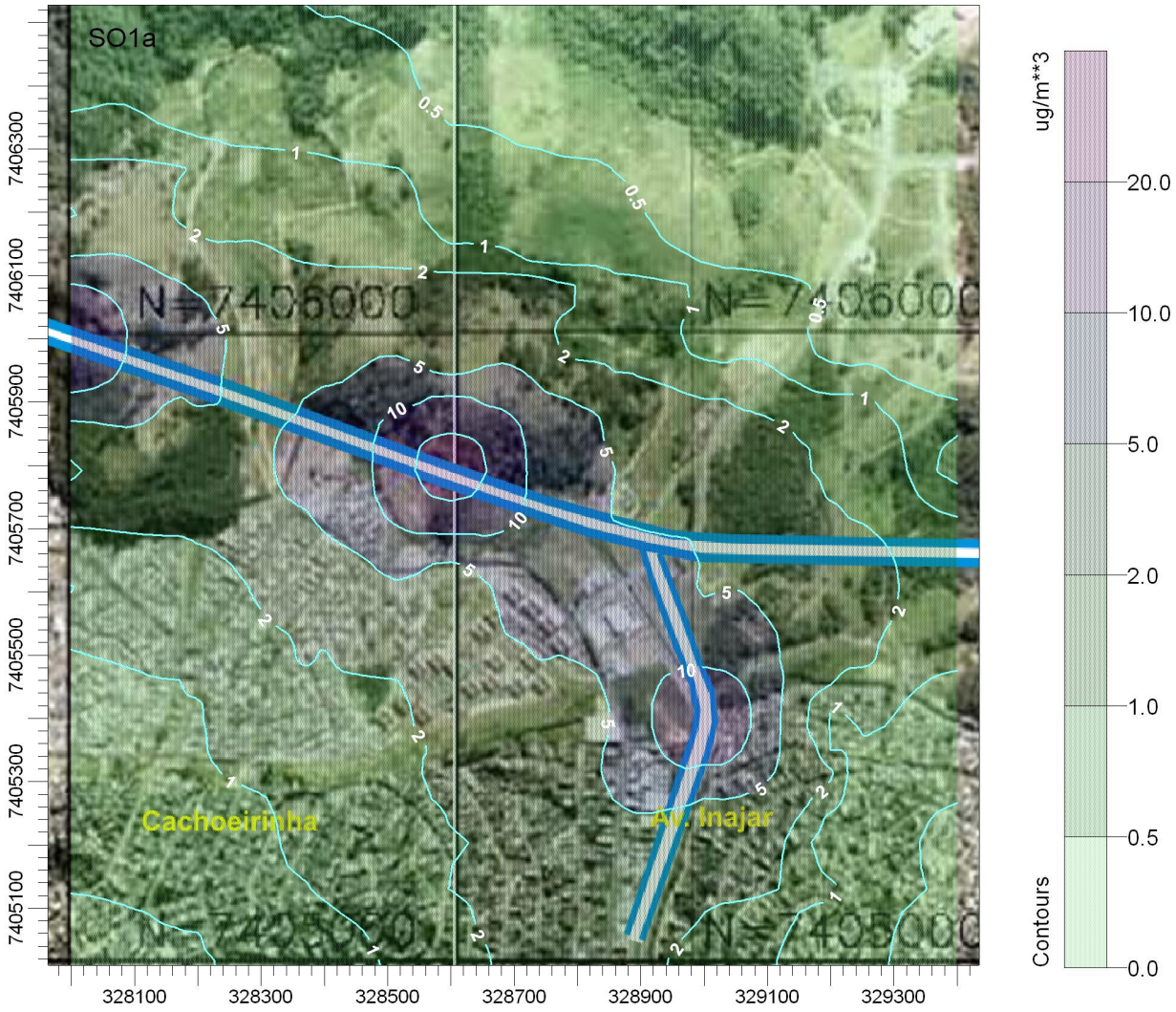


Trecho 03, Cenário 2.014: Concentração de SO_2 (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: SO_2
Período: 24 horas
Padrão Primário: 365 µg/m³
Padrão Secundário: 100 µg/m³

Trecho 03, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de SO_2 (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: SO_2
Período: 24 horas
Padrão Primário: 365 µg/m³
Padrão Secundário: 100 µg/m³

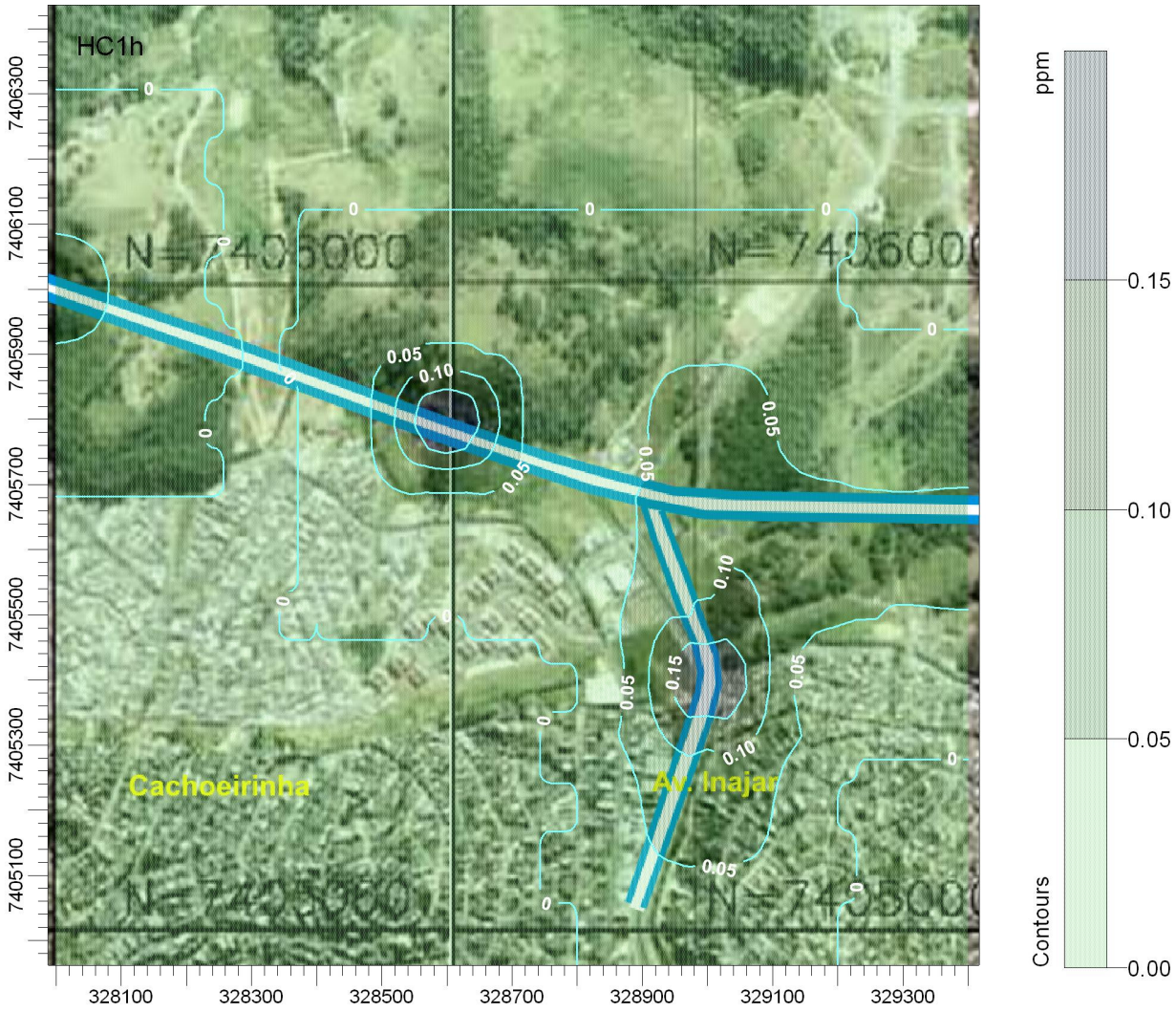


Trecho 03, Cenário 2.014: Concentração de SO_2 (µg/m³), Período – Anual

Poluente: SO_2
Período: Anual
Padrão Primário: 80 µg/m³
Padrão Secundário: 40 µg/m³

Trecho 03, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de SO_2 (µg/m³), Período – Anual

Poluente: SO_2
Período: Anual
Padrão Primário: 80 µg/m³
Padrão Secundário: 40 µg/m³

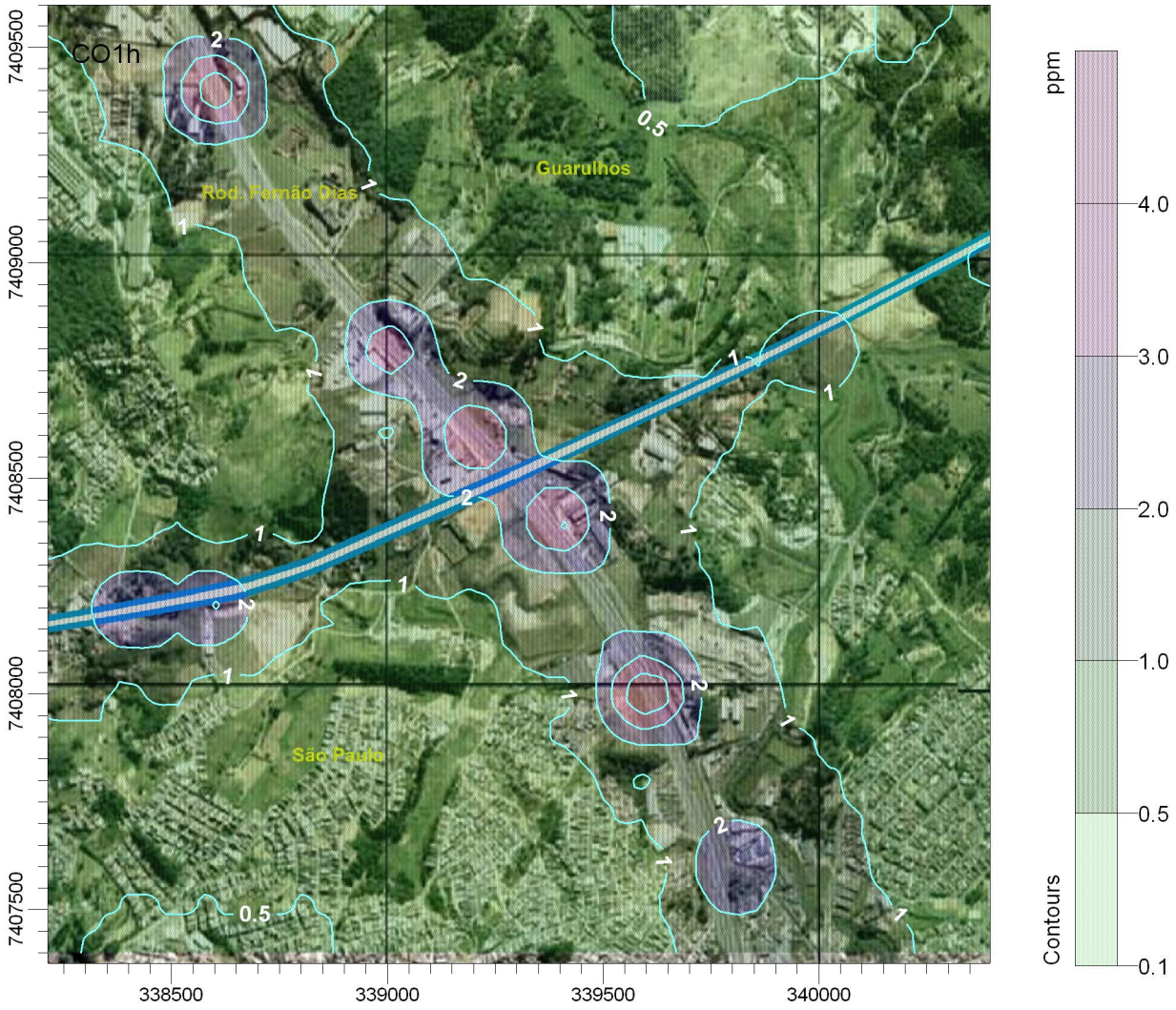


Trecho 03, Cenário 2.014: Concentração De HC (ppm), Período – 1 hora

Poluente: HC (como Hexano)
Período: 1 hora
Padrão Primário: -

Trecho 03, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de HC (ppm), Período – 1 hora

Poluente: HC (como Hexano)
Período: 1 hora
Padrão Primário: -

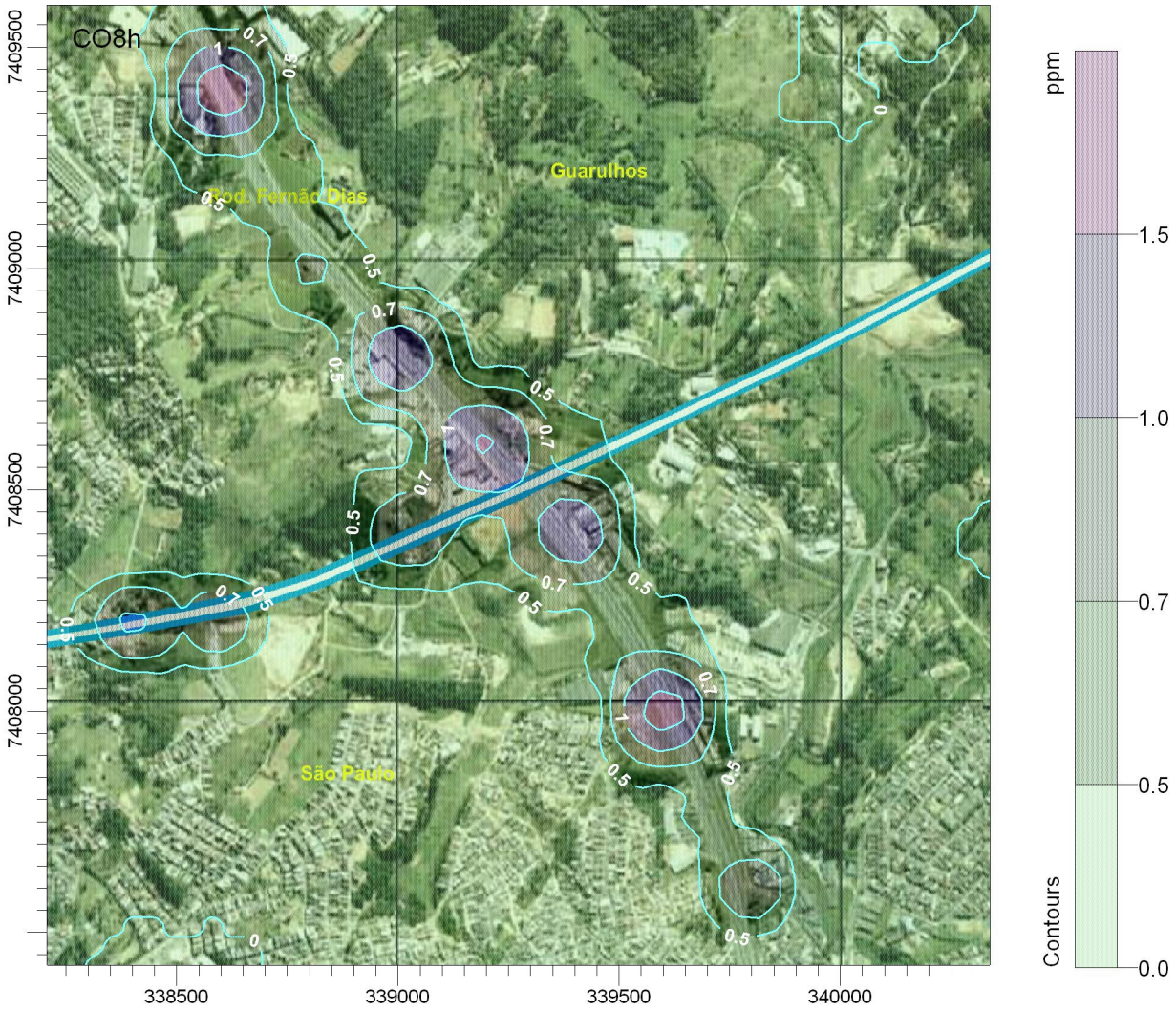


Trecho 04, Cenário 2.014: Concentração de CO (ppm), Período – 1 hora

Poluente: CO
Período: 1 hora
Padrão Primário: 40.000 µg/m³ (34,9 ppm)

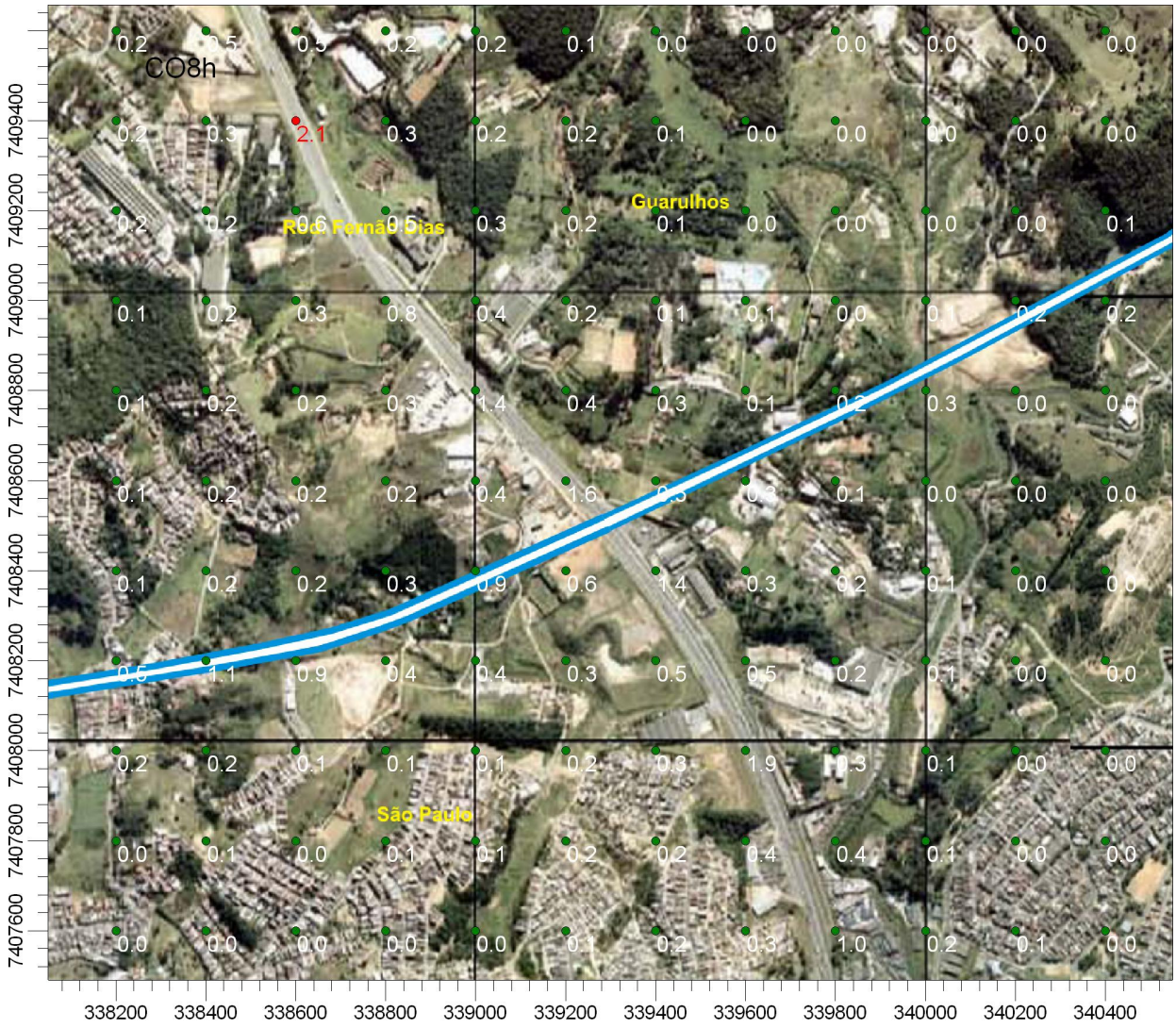
Trecho 04, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de CO (ppm), Período – 1 hora

Poluente: CO
Período: 1 hora
Padrão Primário: 40.000 µg/m³ (34,9 ppm)



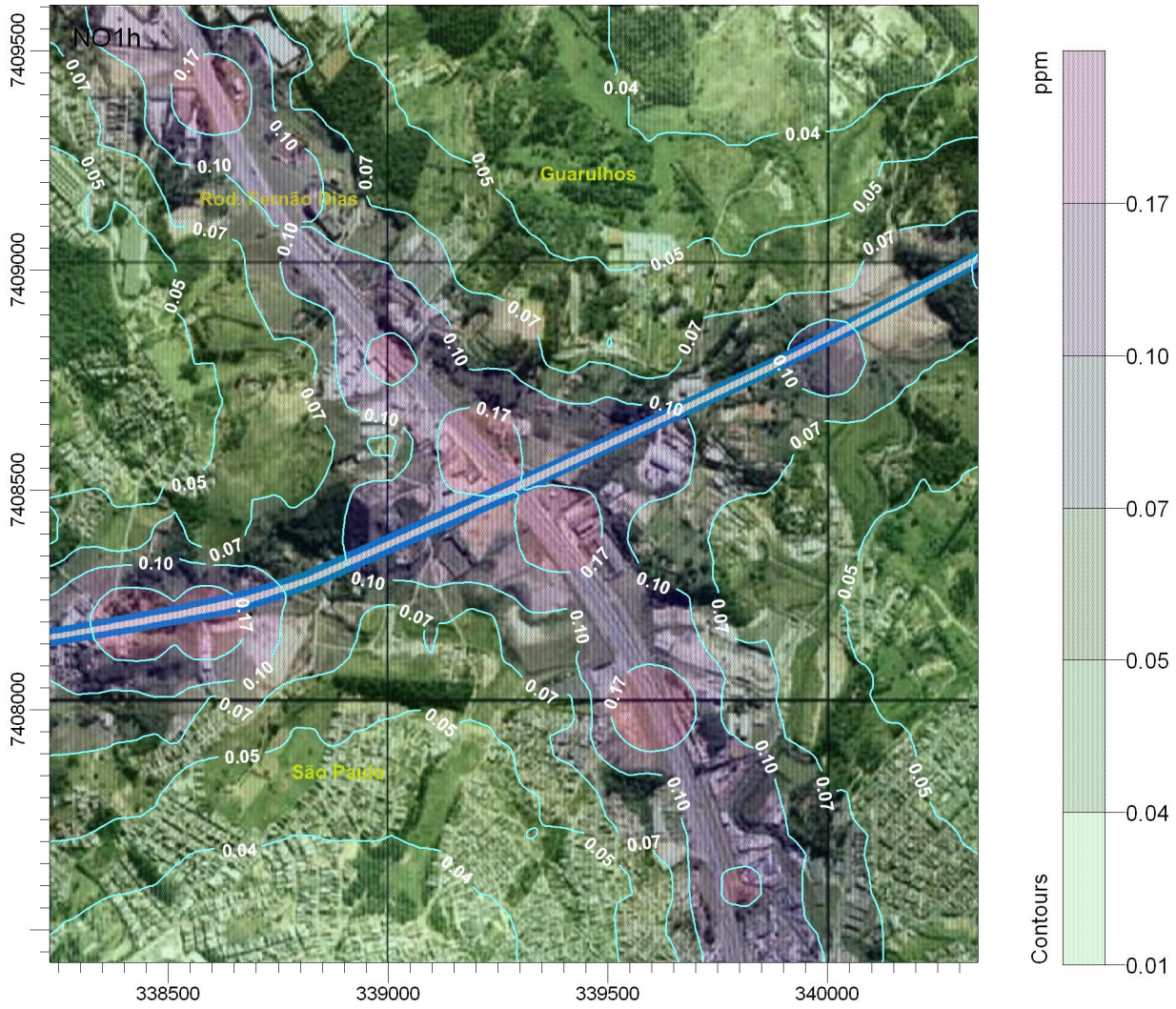
Trecho 04, Cenário 2.014: Concentração de CO (ppm), Período – 8 horas

Poluente: CO
Período: 8 horas
Padrão Primário: 10.000 µg/m³ (8,7 ppm)



Trecho 04, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de CO (ppm), Período – 8 horas

Poluente: CO
Período: 8 horas
Padrão Primário: 10.000 µg/m³ (8,7 ppm)

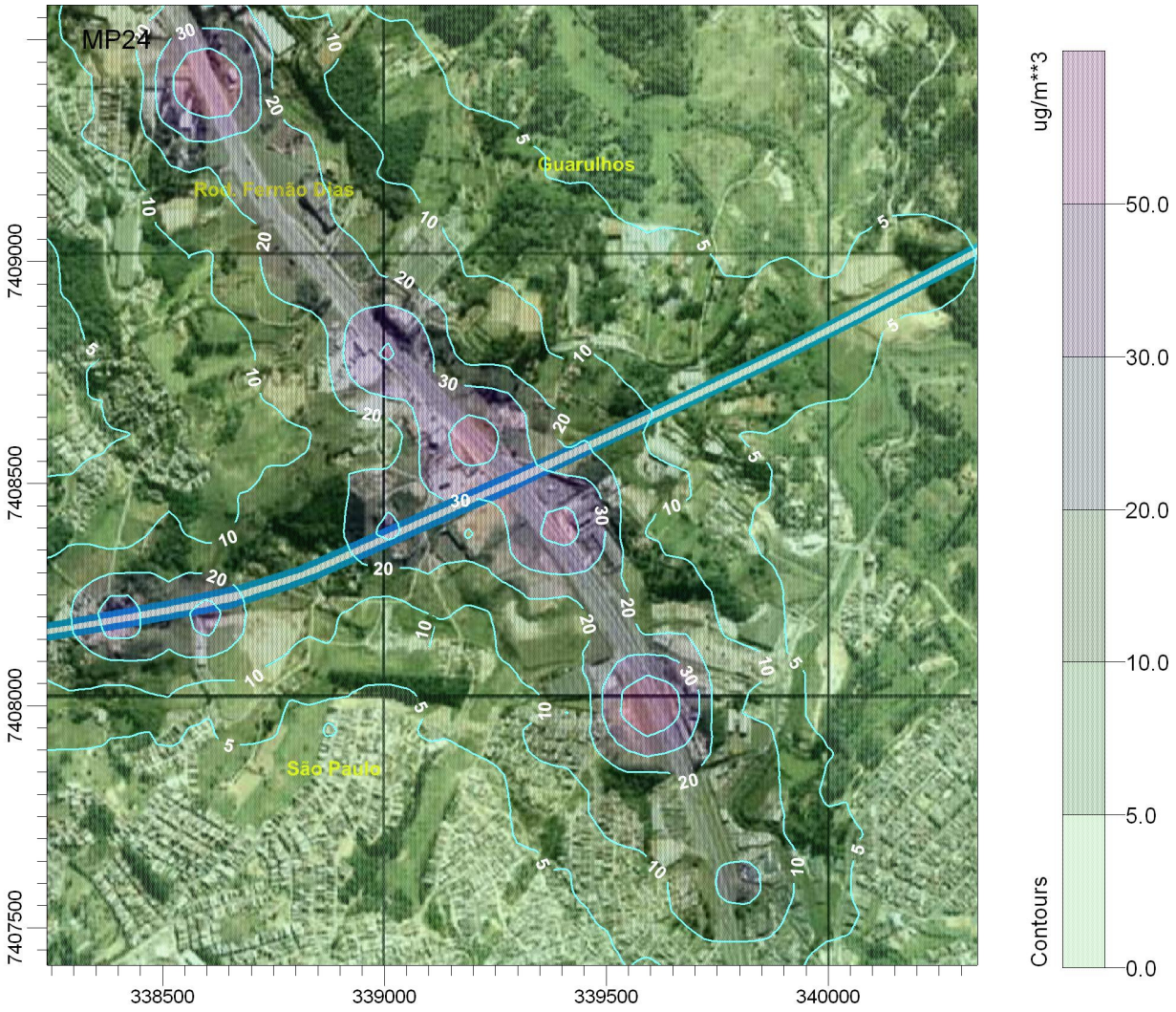


Trecho 04, Cenário 2.014: Concentração de NO_2 (ppm), Período – 1 hora

Poluente: NO_2
Período: 1 hora
Padrão Primário: 320 µg/m³ (0,17 ppm)

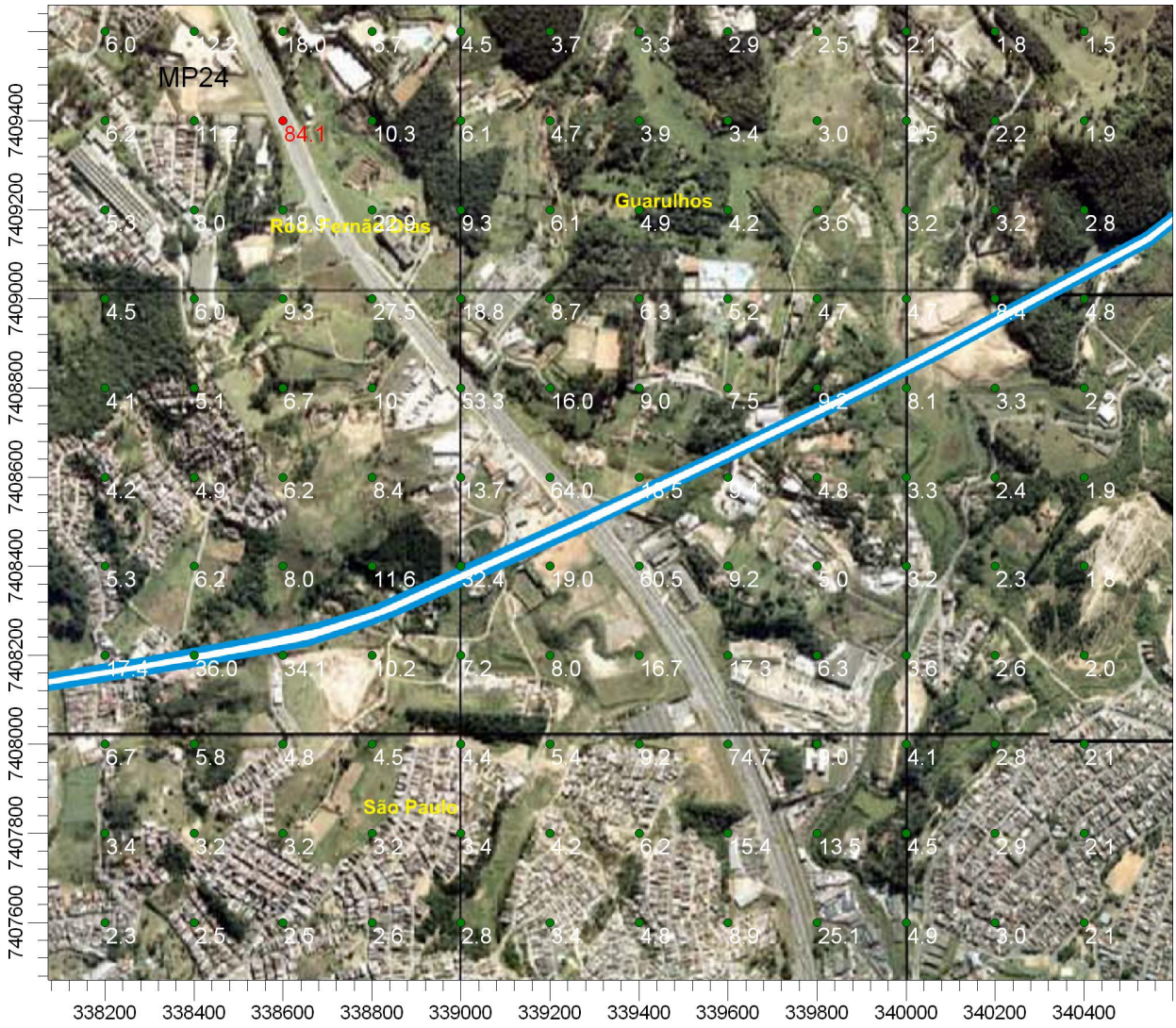
Trecho 04, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de NO_2 (ppm), Período – 1 hora

Poluente: NO_2
Período: 1 hora
Padrão Primário: 320 µg/m³ (0,17 ppm)



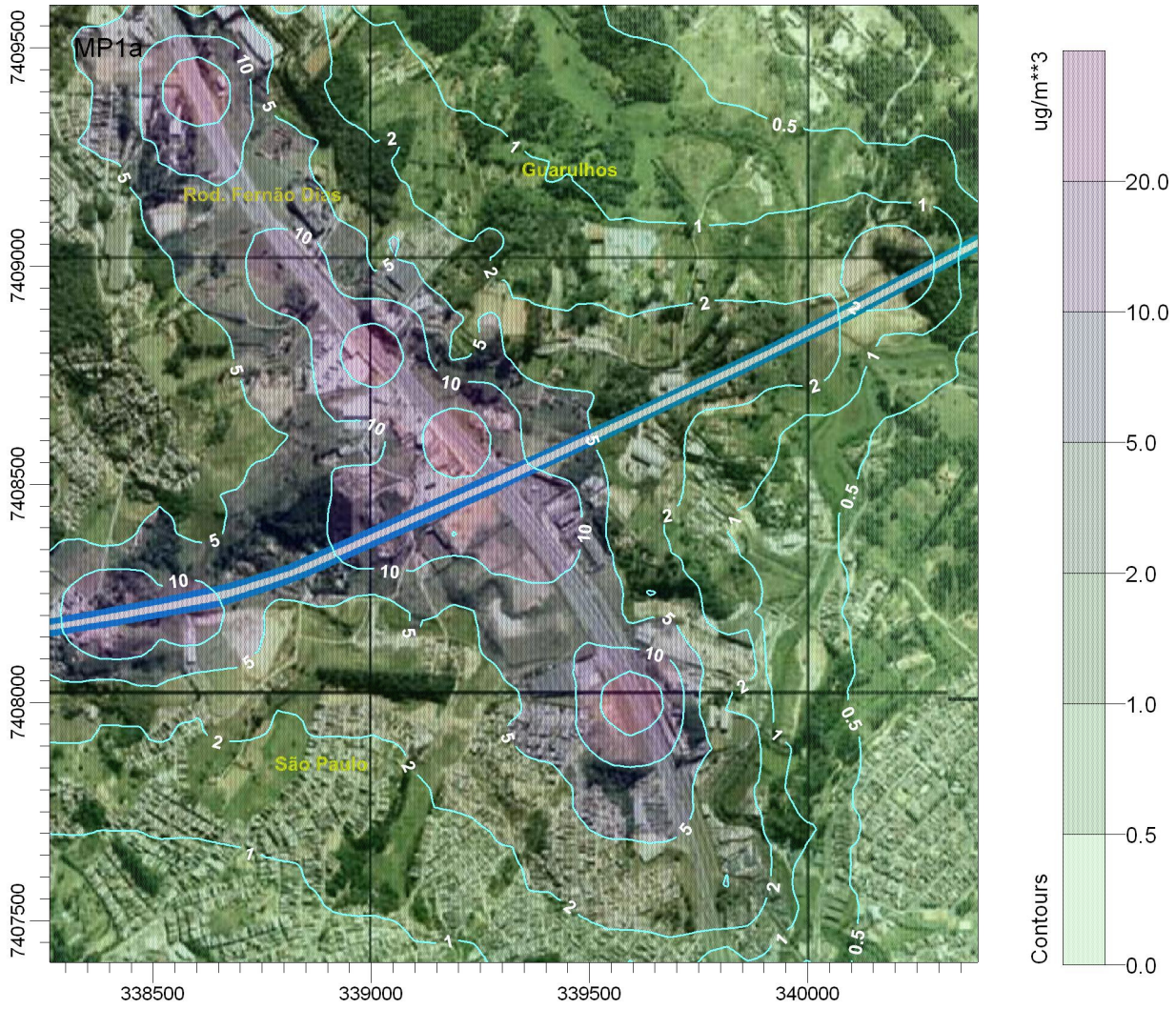
Trecho 04, Cenário 2.014: Concentração de MP (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: PI
Período: 24 horas
Padrão Primário: 150 µg/m³



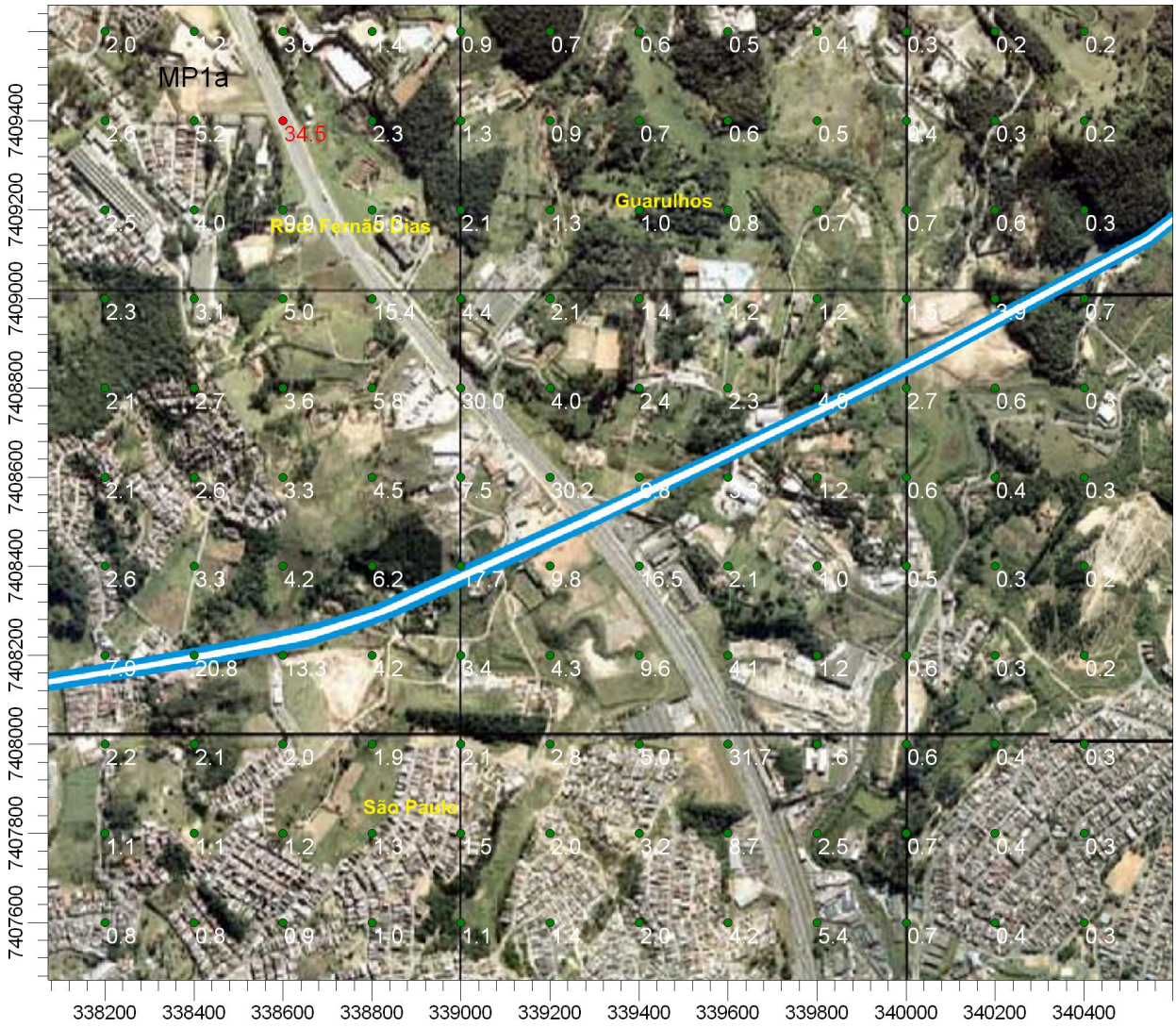
Trecho 04, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de MP (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: PI
Período: 24 horas
Padrão Primário: 150 µg/m³



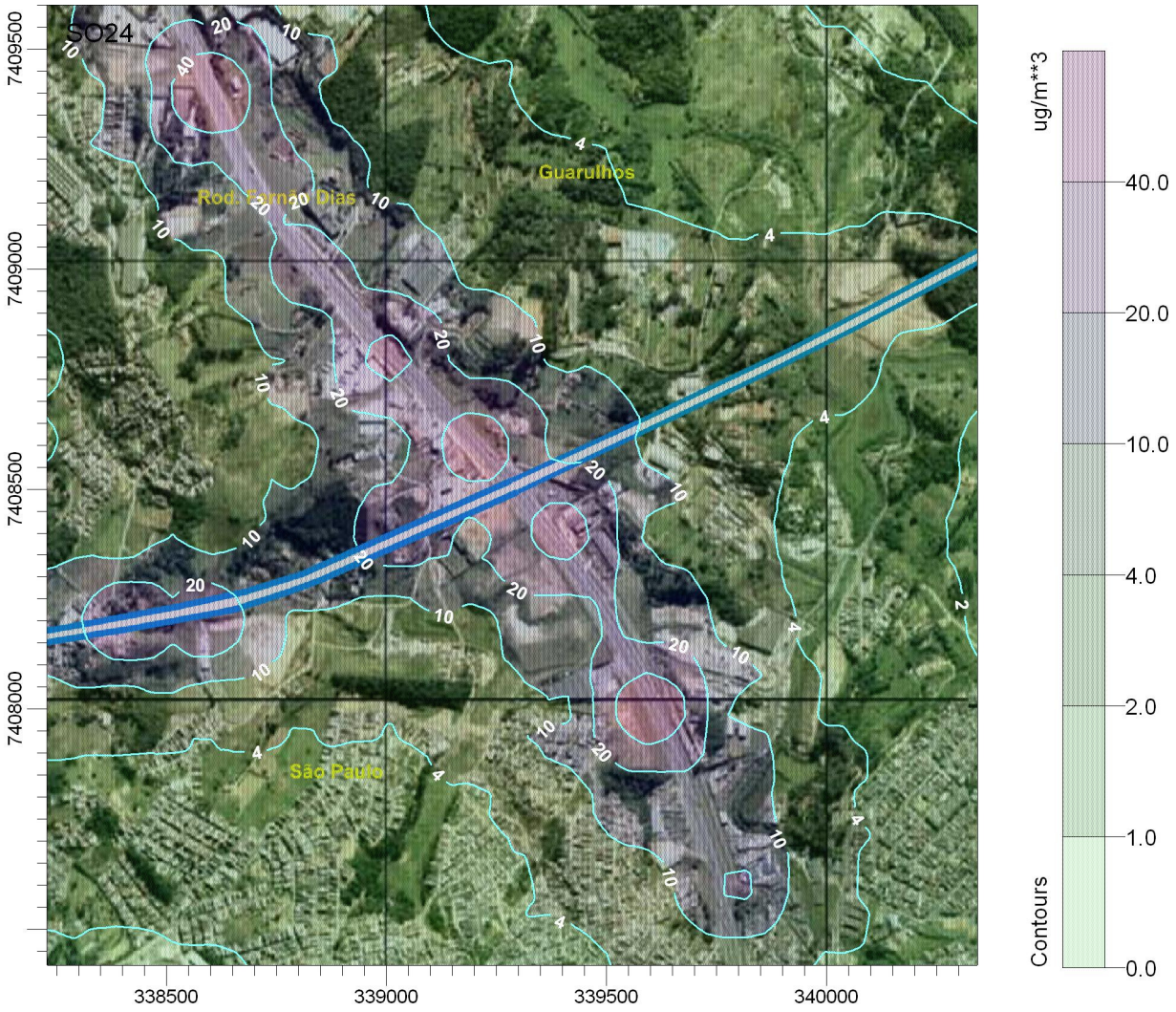
Trecho 04, Cenário 2.014: Concentração de MP (µg/m³), Período – Anual

Poluente: PI
Período: Anual
Padrão Primário: 50 µg/m³



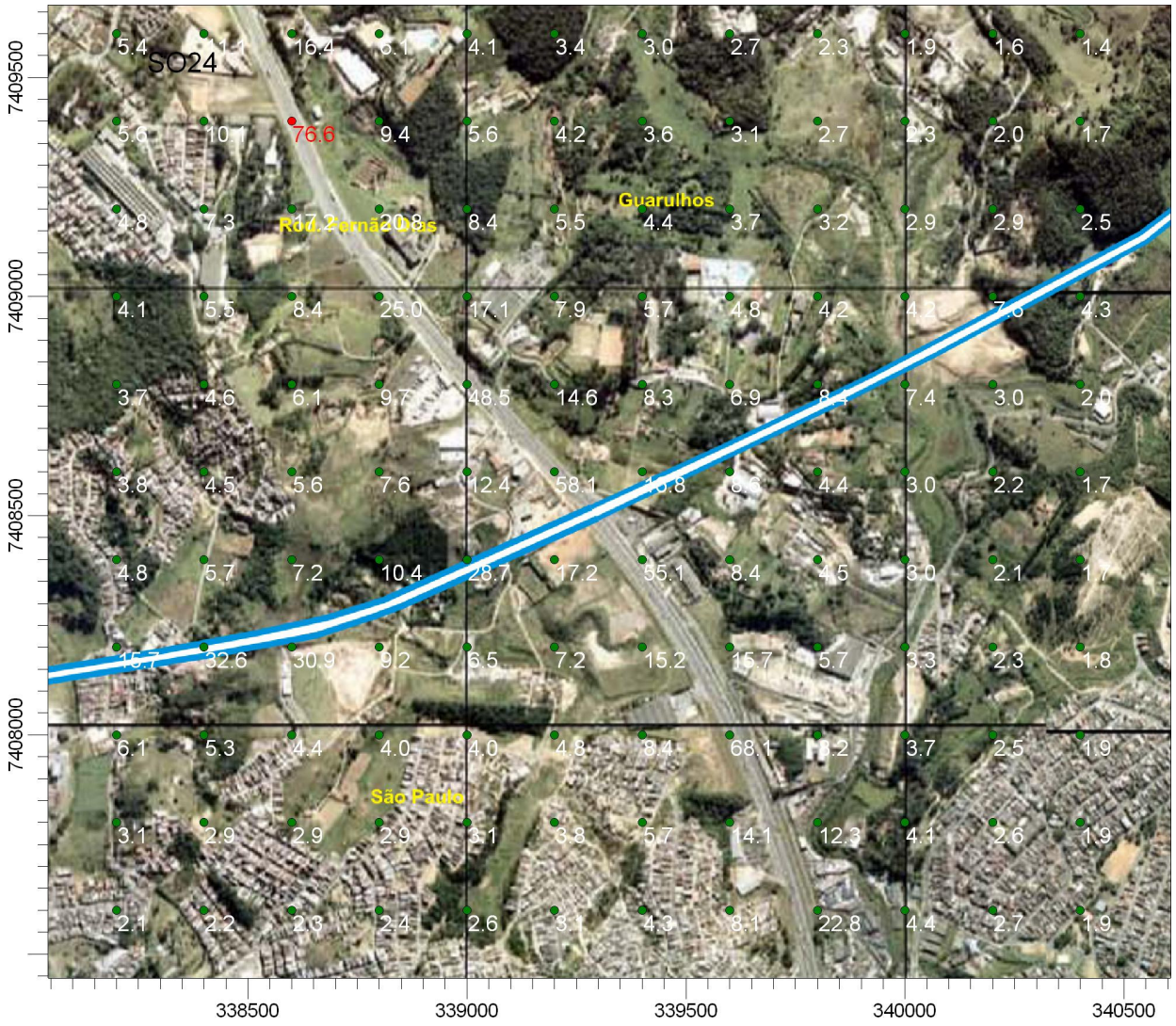
Trecho 04, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de MP (µg/m³), Período – Anual

Poluente: PI
Período: Anual
Padrão Primário: 50 µg/m³



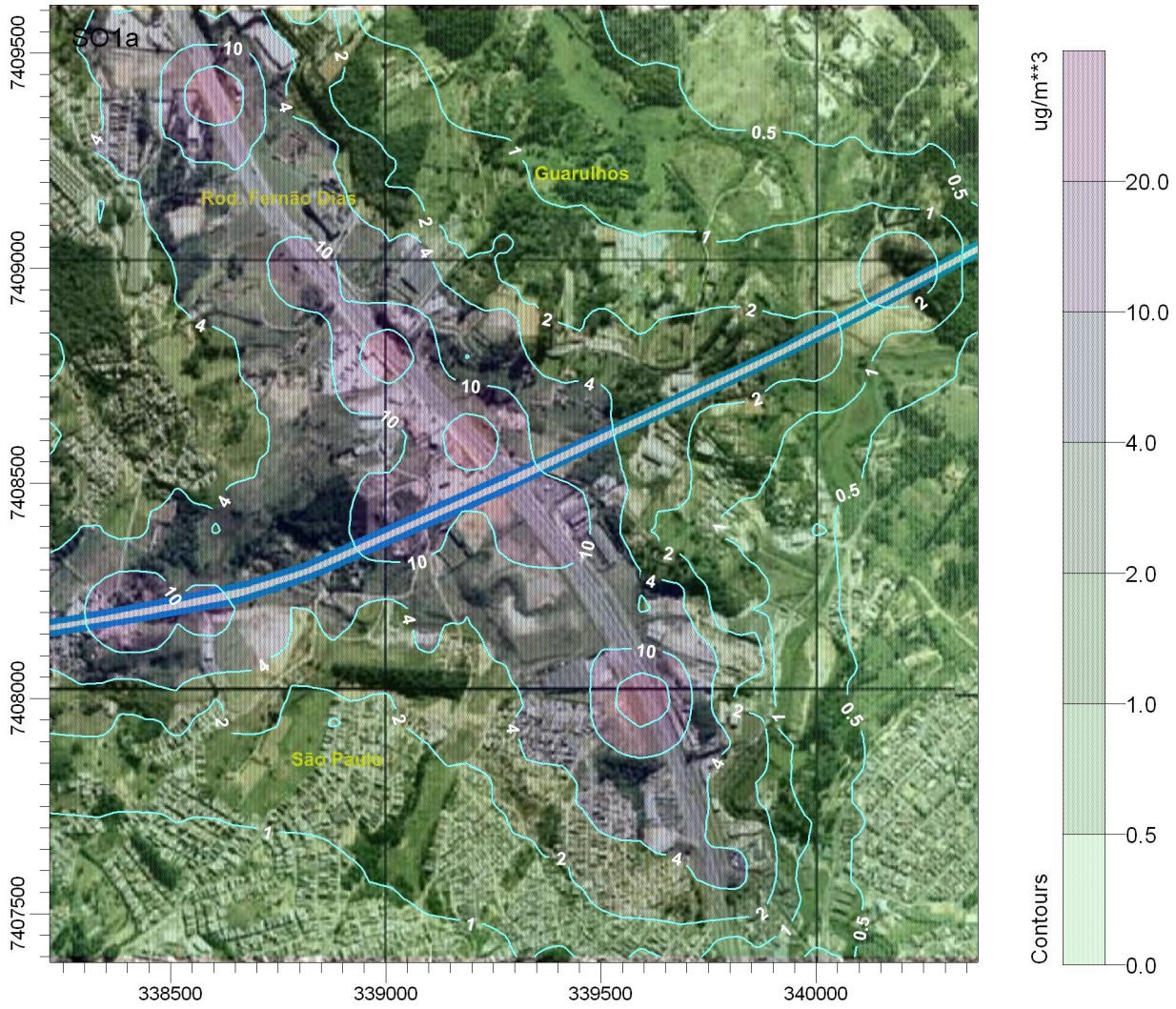
Trecho 04, Cenário 2.014: Concentração de SO_2 (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: SO_2
Período: 24 horas
Padrão Primário: 365 µg/m³
Padrão Secundário: 100 µg/m³



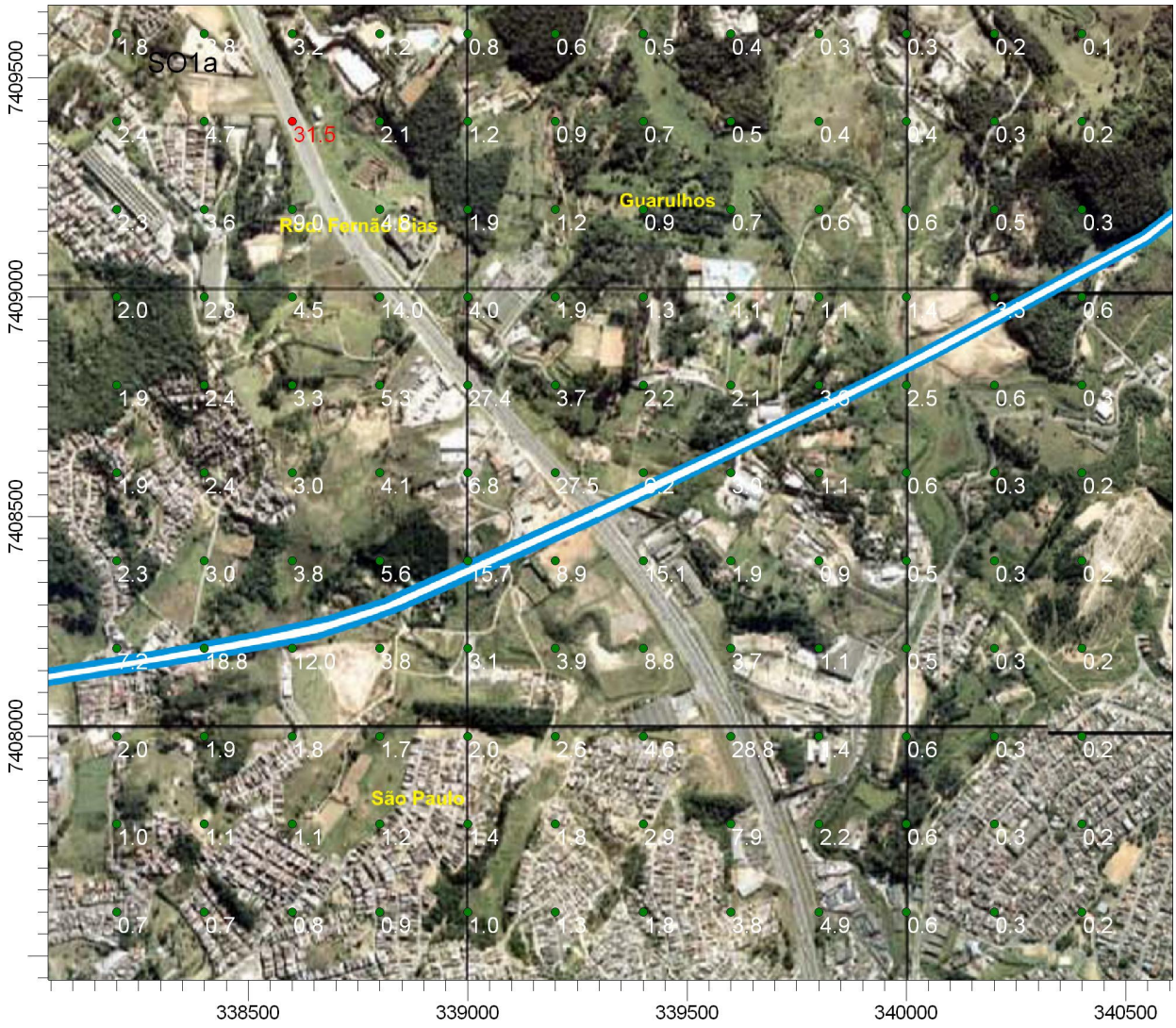
Trecho 04, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de SO_2 (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: SO_2
Período: 24 horas
Padrão Primário: 365 µg/m³
Padrão Secundário: 100 µg/m³



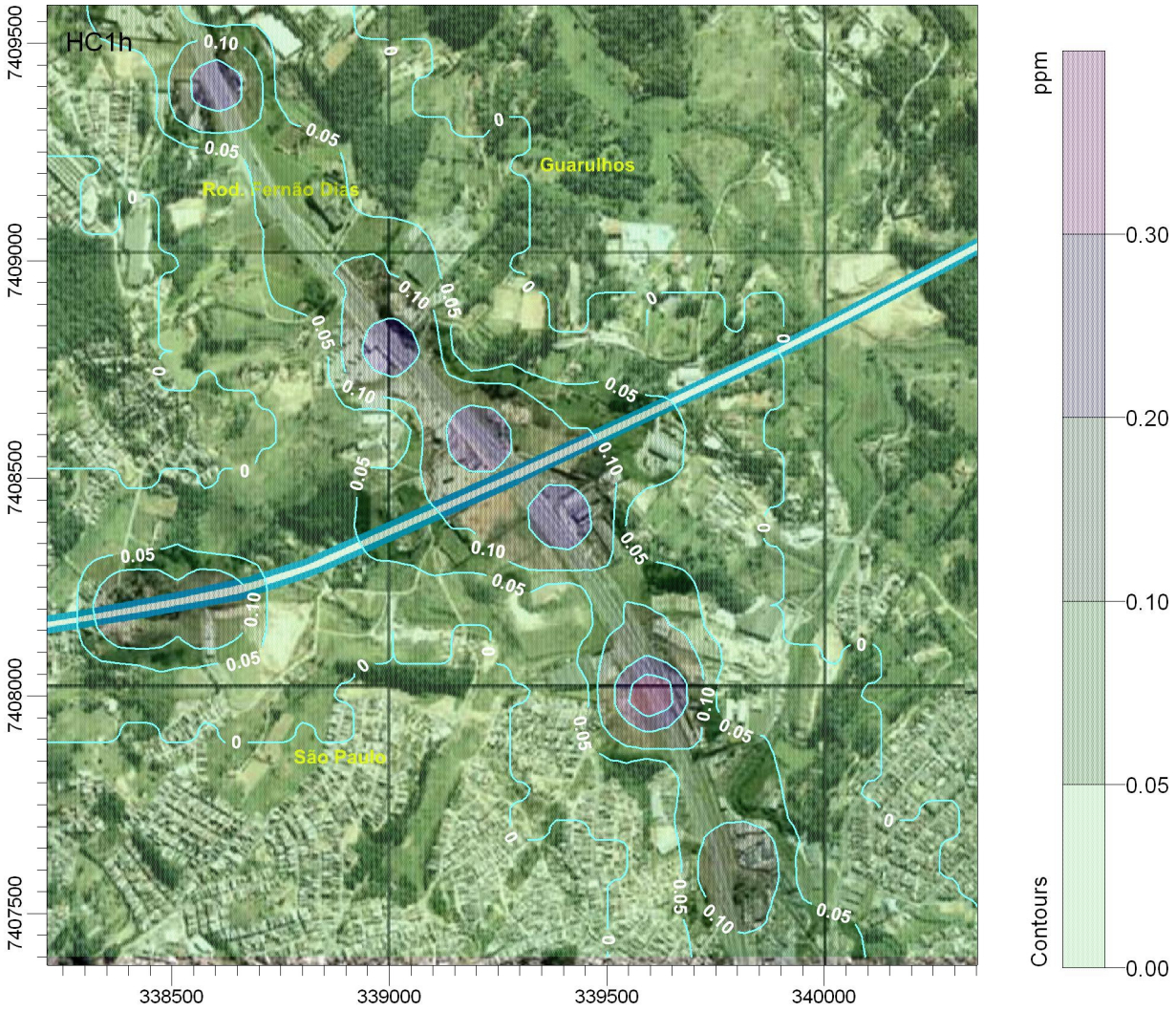
Trecho 04, Cenário 2.014: Concentração de SO_2 (µg/m³), Período – Anual

Poluente: SO_2
Período: Anual
Padrão Primário: 80 µg/m³
Padrão Secundário: 40 µg/m³



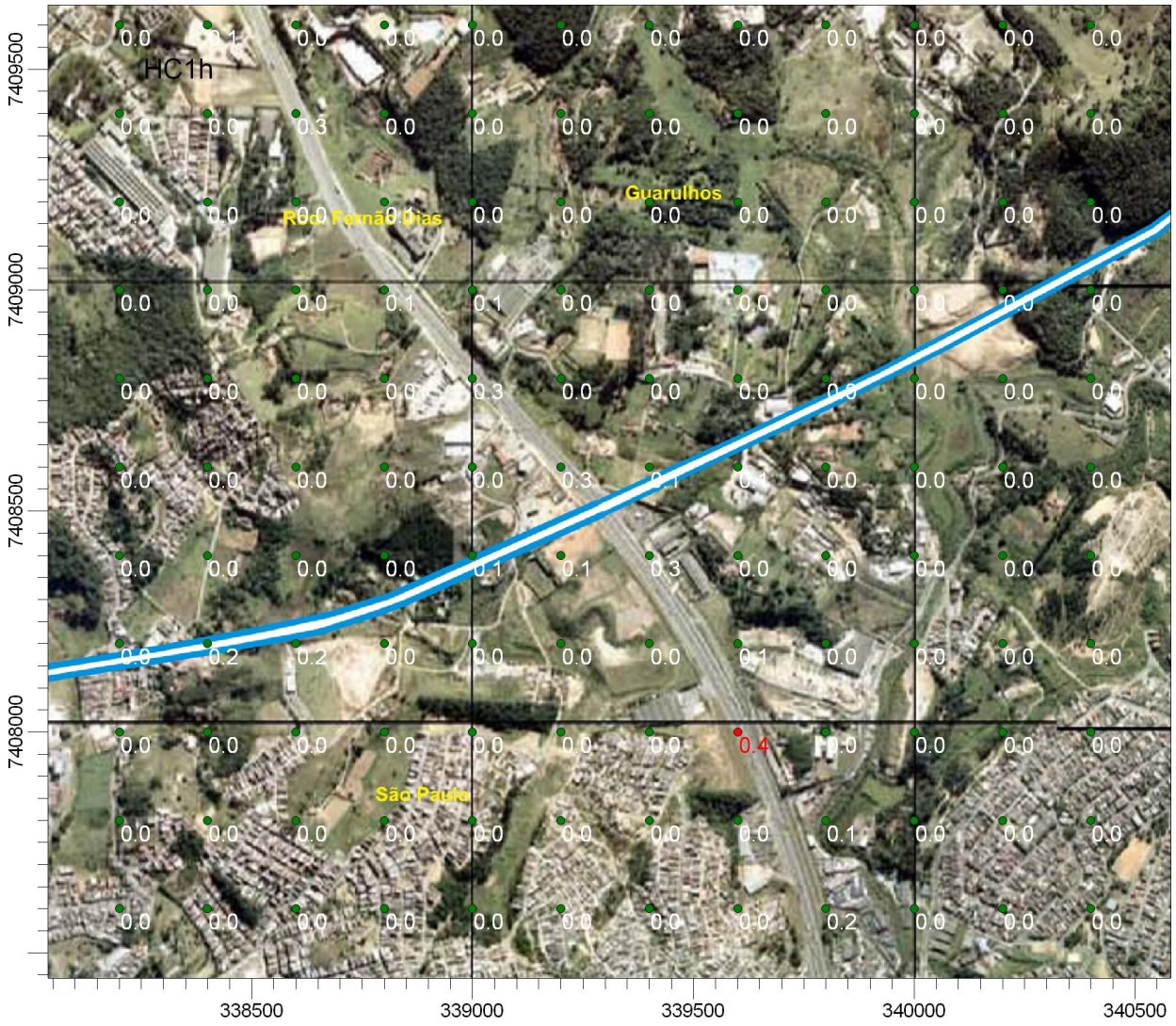
Trecho 04, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de SO_2 (µg/m³), Período – Anual

Poluente: SO_2
Período: Anual
Padrão Primário: 80 µg/m³
Padrão Secundário: 40 µg/m³



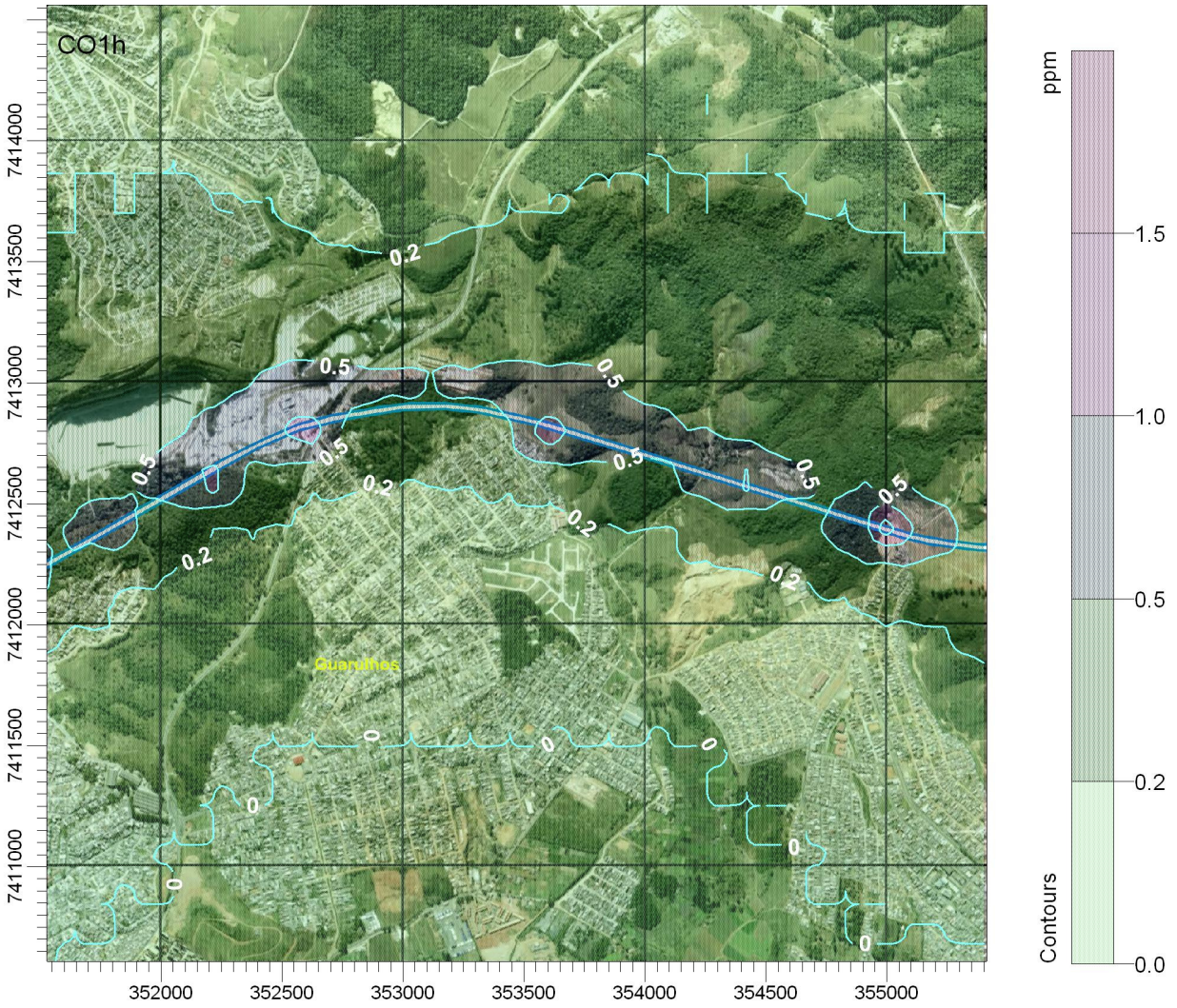
Trecho 04, Cenário 2.014: Concentração de HC (ppm), Período – 1 hora

Poluente: HC (como Hexano)
Período: 1 hora
Padrão Primário: -



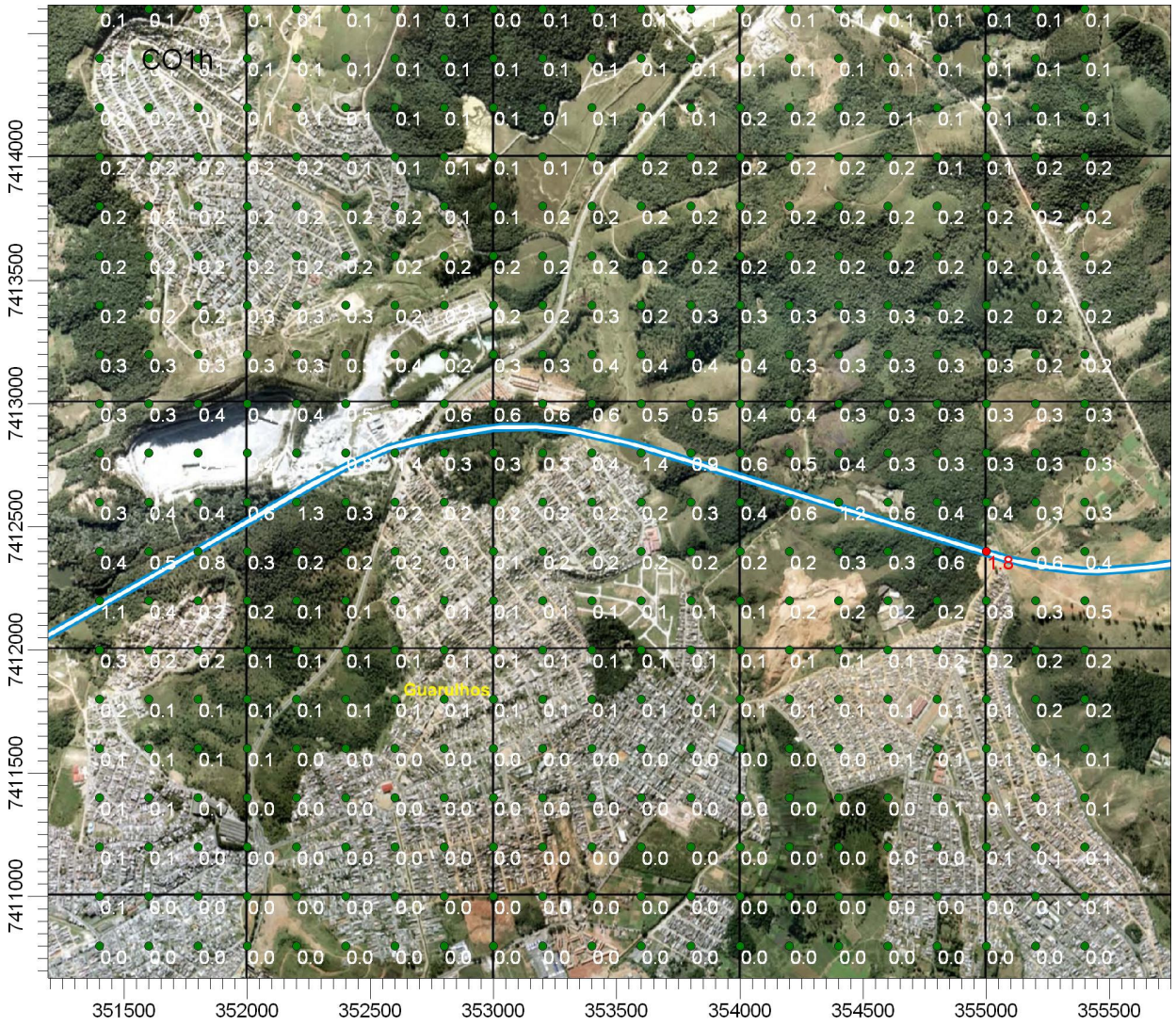
Trecho 04, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de HC (ppm), Período – 1 hora

Poluente: HC (como Hexano)
Período: 1 hora
Padrão Primário: -



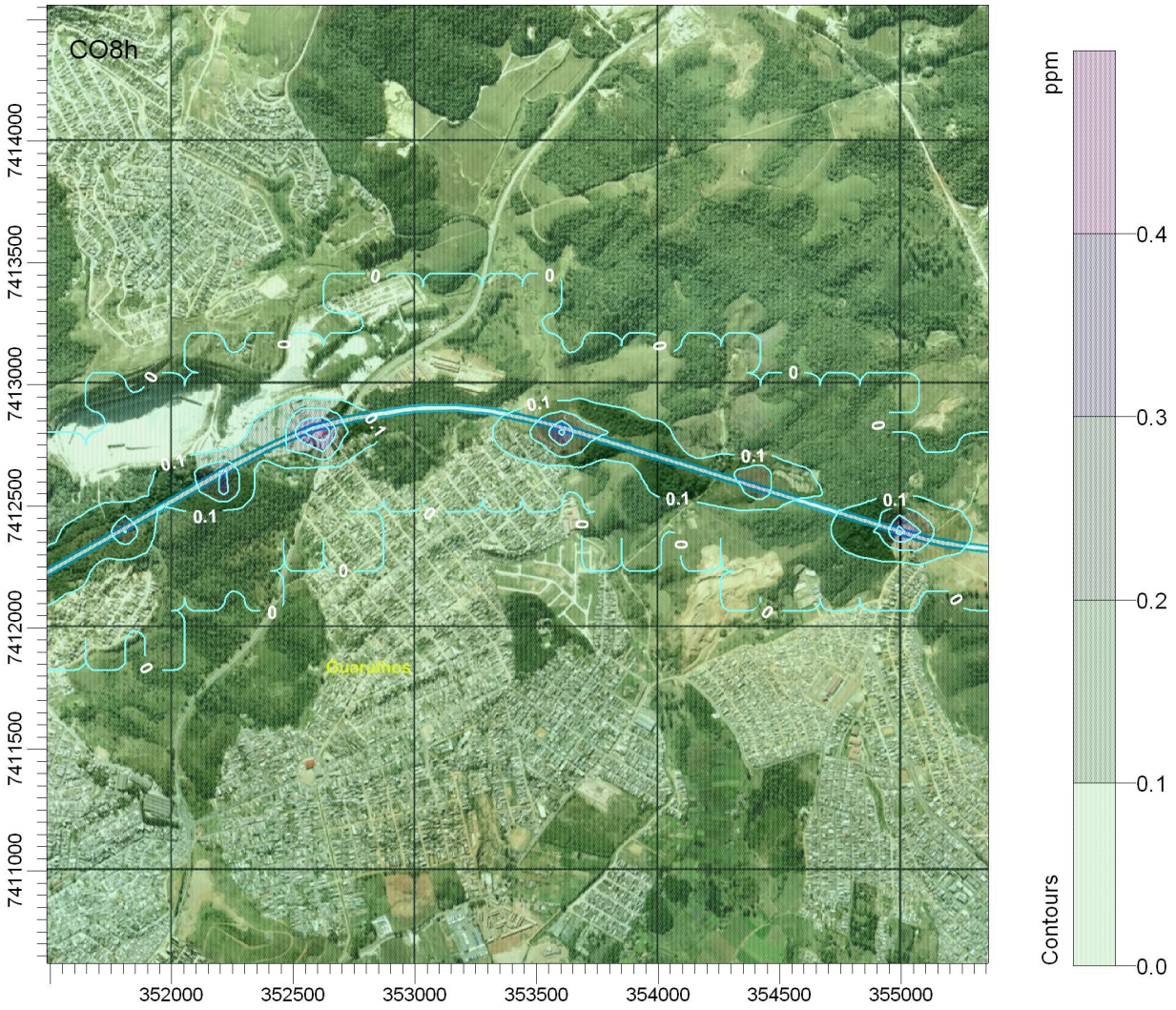
Trecho 05, Cenário 2.014: Concentração de CO (ppm), Período – 1 hora

Poluente: CO
Período: 1 hora
Padrão Primário: 40.000 µg/m³ (34,9 ppm)



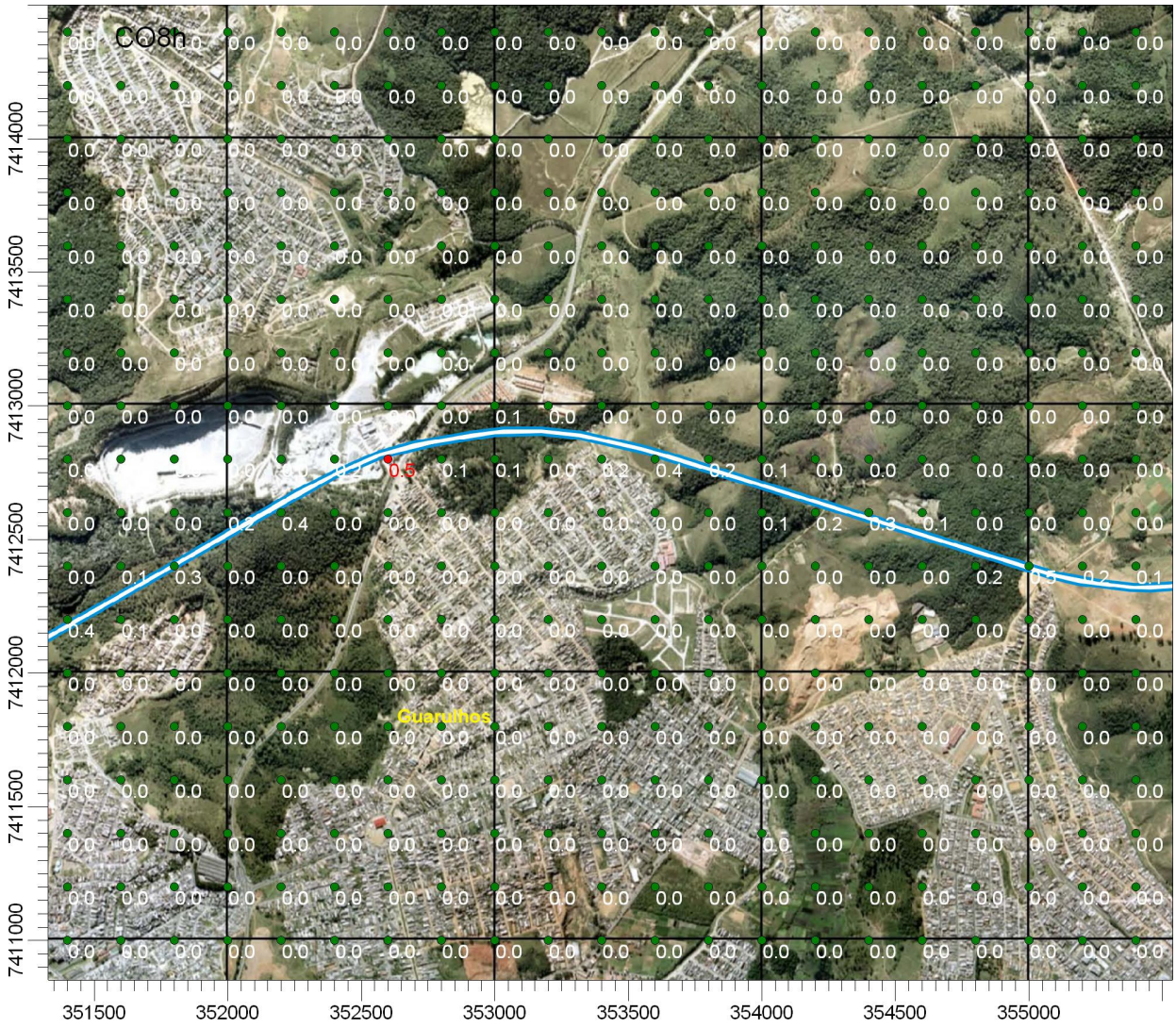
Trecho 05, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de CO (ppm), Período – 1 hora

Poluente: CO
Período: 1 hora
Padrão Primário: 40.000 µg/m³ (34,9 ppm)



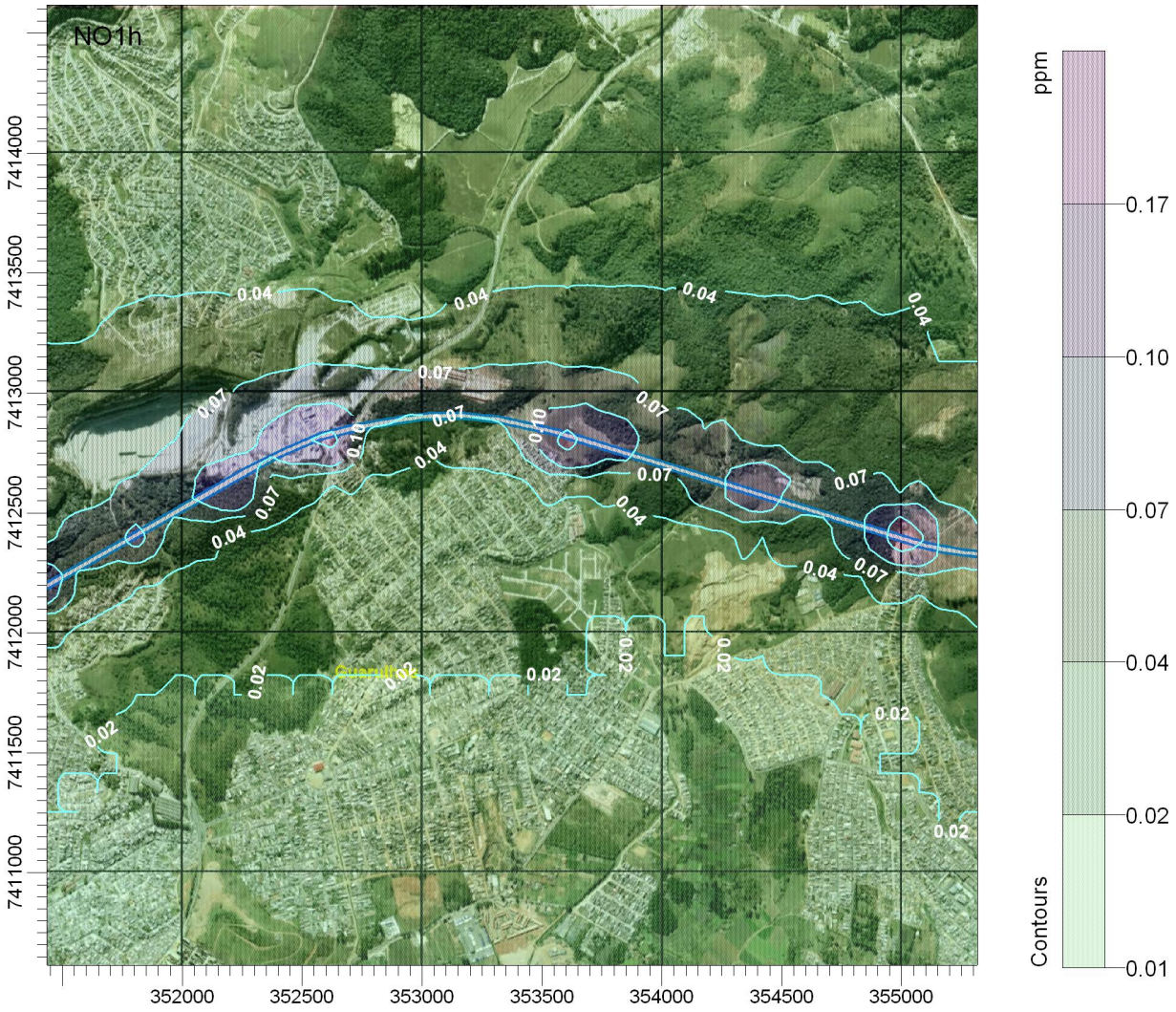
Trecho 05, Cenário 2.014: Concentração de CO (ppm), Período – 8 horas

Poluente: CO
Período: 8 horas
Padrão Primário: 10.000 µg/m³ (8,7 ppm)



Trecho 05, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de CO (ppm), Período – 8 horas

Poluente: CO
Período: 8 horas
Padrão Primário: 10.000 µg/m³ (8,7 ppm)

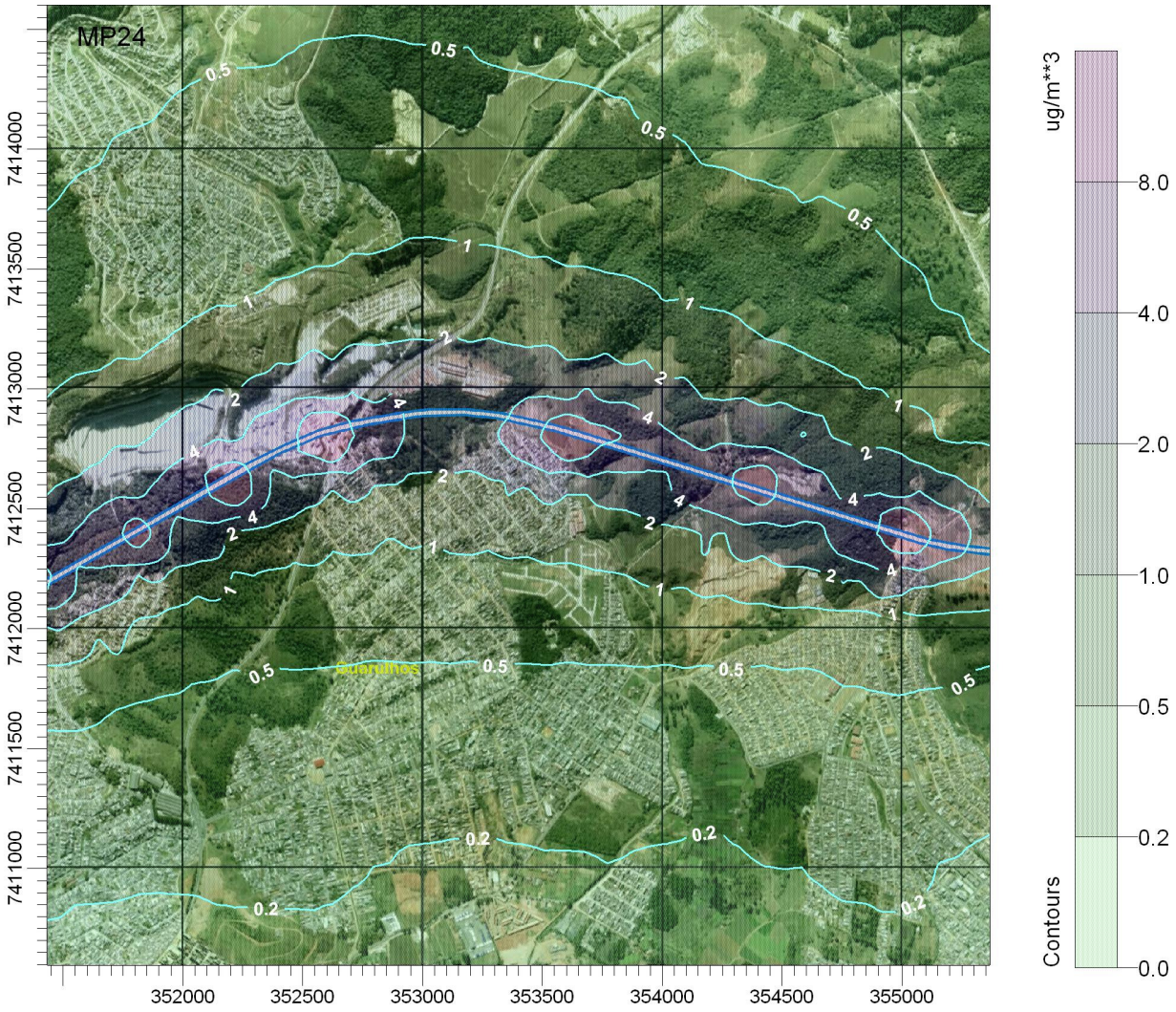


Trecho 05, Cenário 2.014: Concentração De NO_2 (ppm), Período – 1 hora

Poluente: NO_2
Período: 1 hora
Padrão Primário: 320 µg/m³ (0,17 ppm)

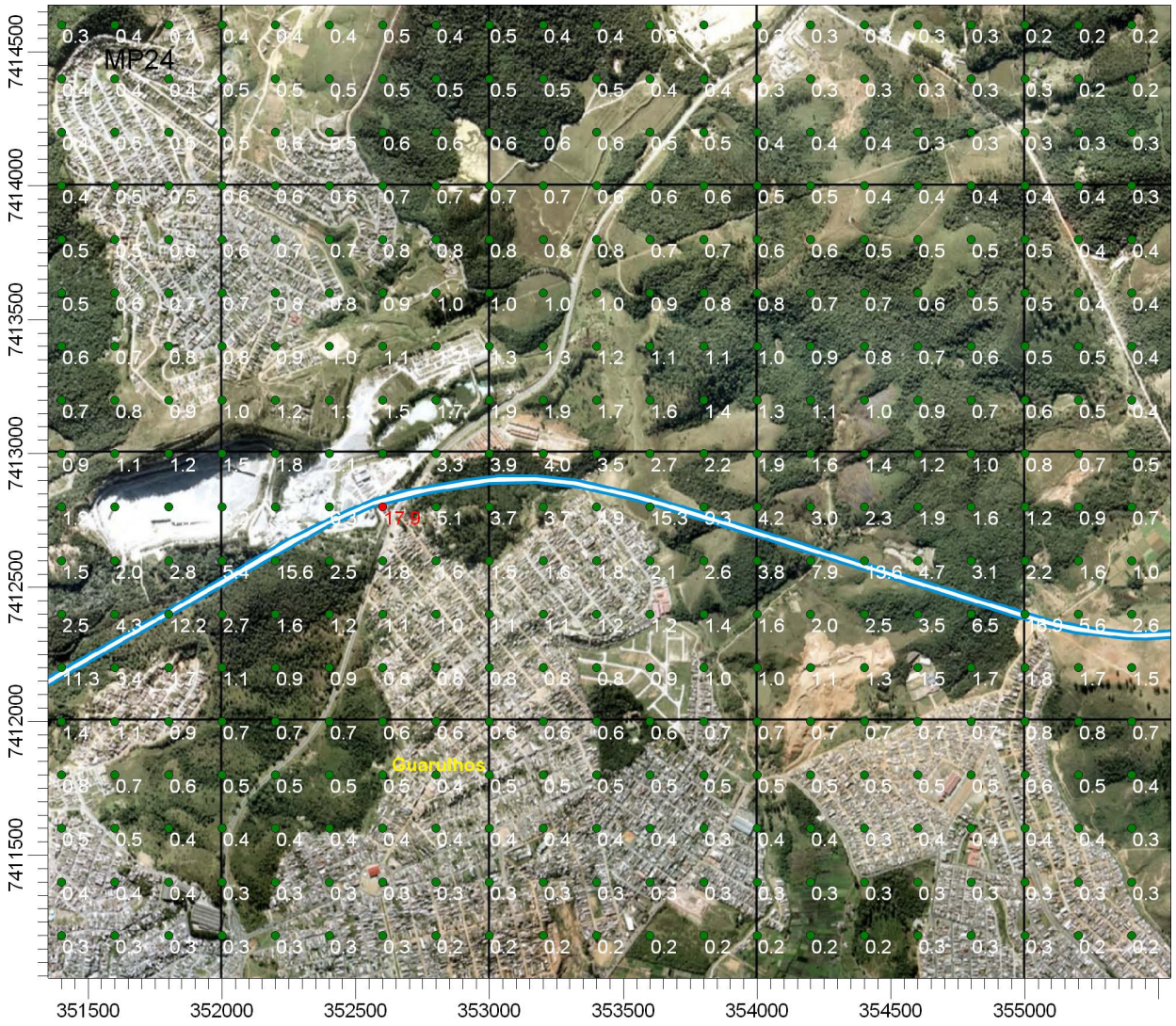
Trecho 05, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de NO_2 (ppm), Período – 1 hora

Poluente: NO_2
Período: 1 hora
Padrão Primário: 320 µg/m³ (0,17 ppm)



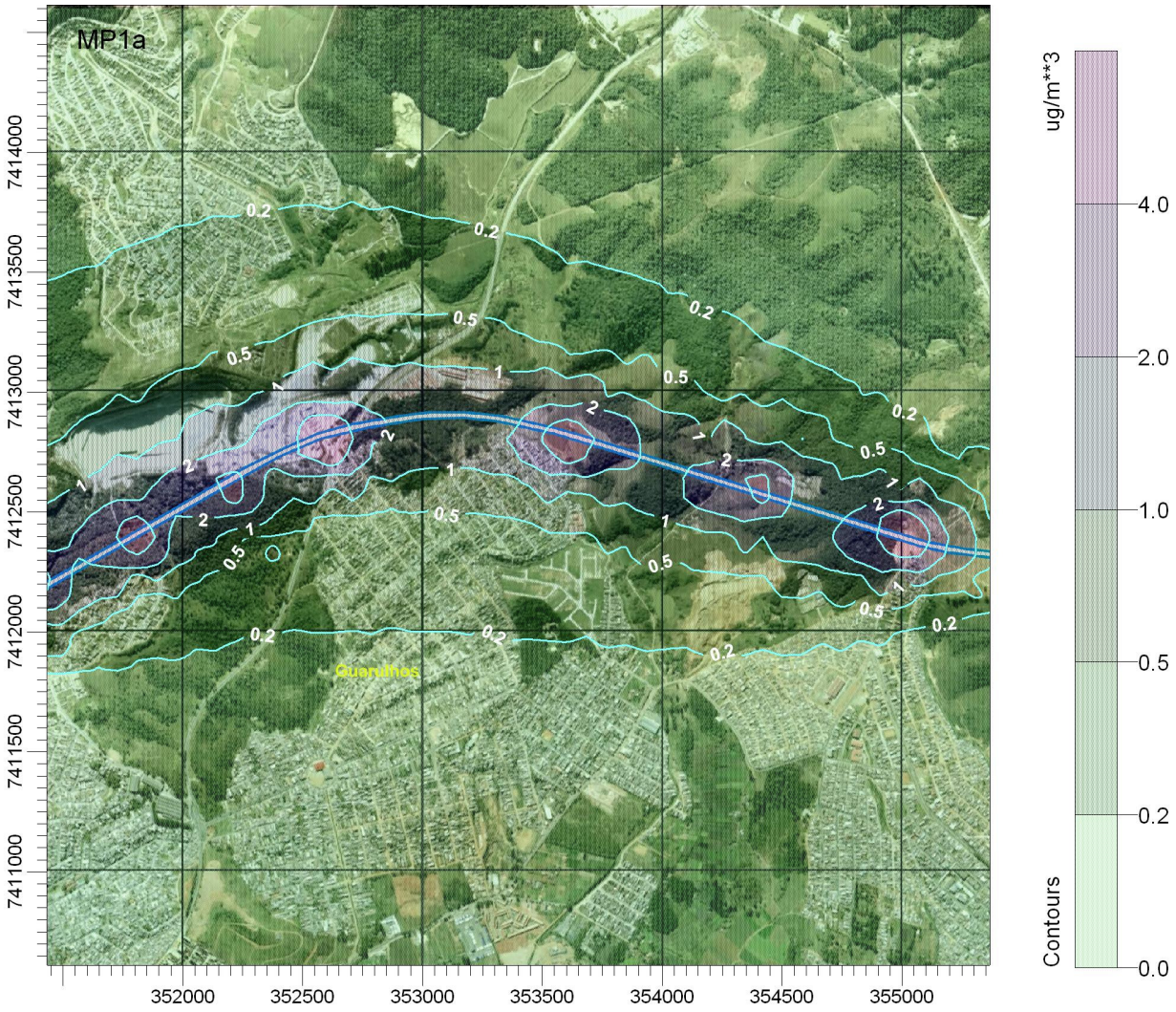
Trecho 05, Cenário 2.014: Concentração de MP (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: PI
Período: 24 horas
Padrão Primário: 150 µg/m³



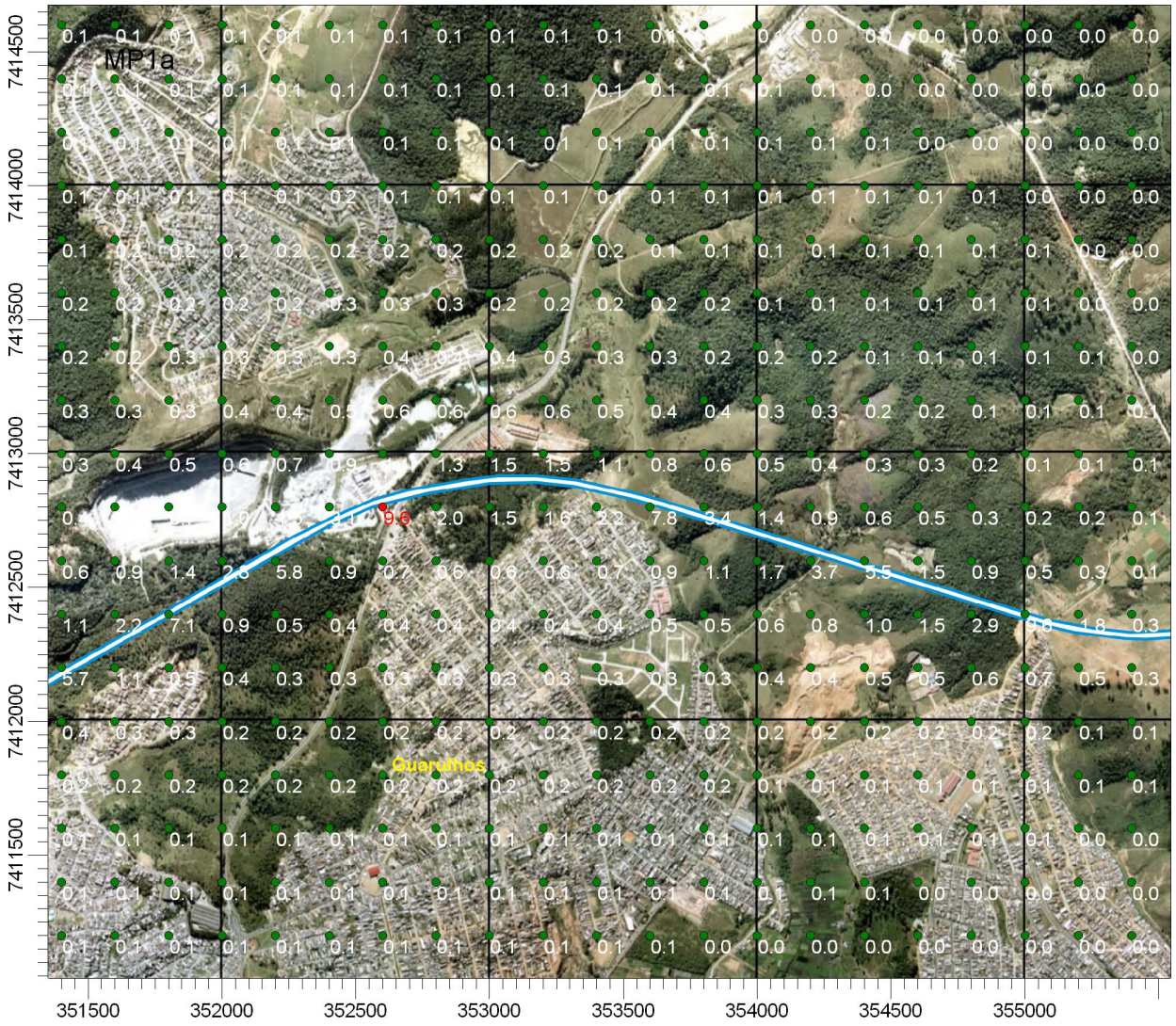
Trecho 05, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de MP (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: PI
Período: 24 horas
Padrão Primário: 150 µg/m³



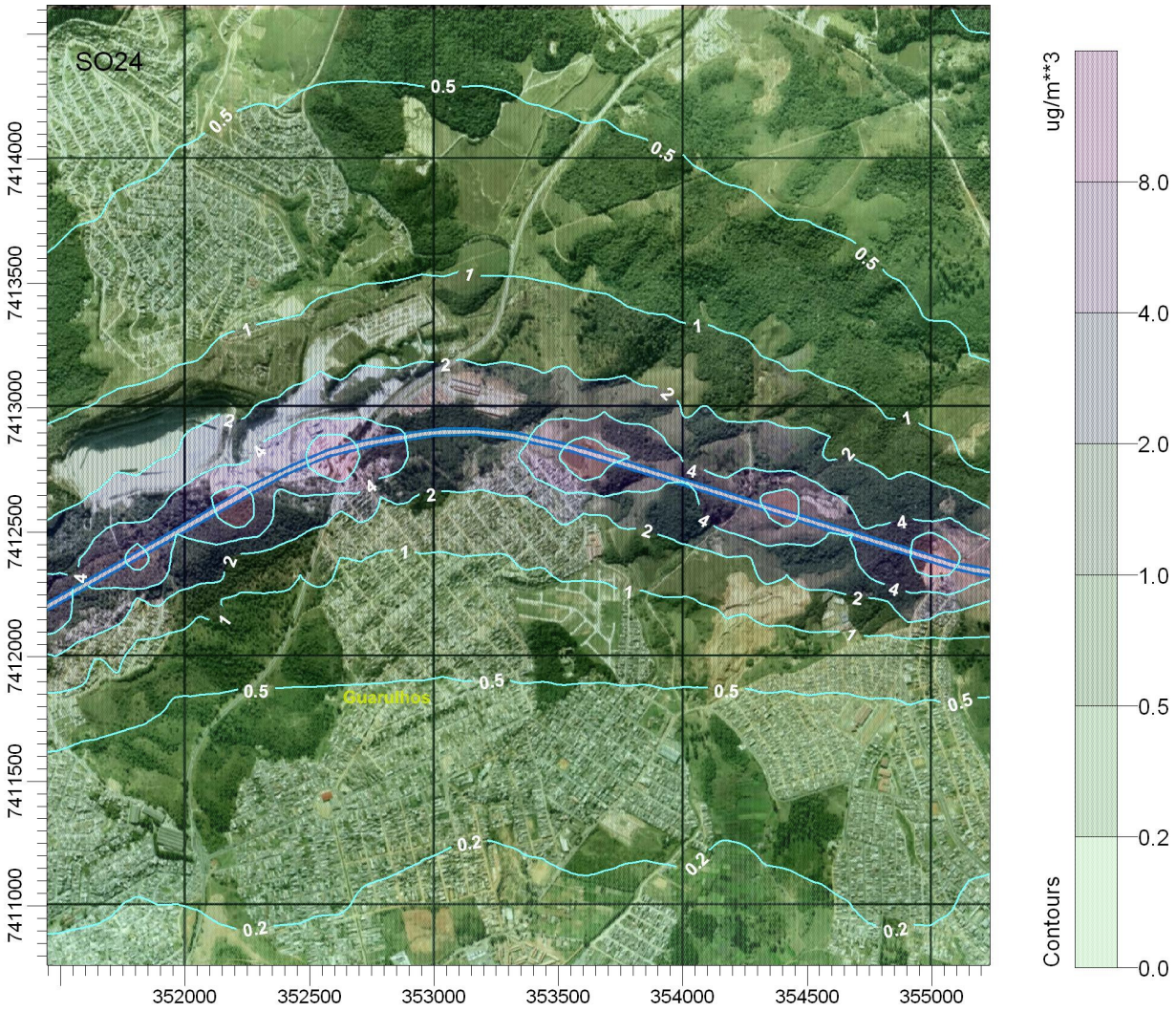
Trecho 05, Cenário 2.014: Concentração de MP (µg/m³), Período – Anual

Poluente: PI
Período: Anual
Padrão Primário: 50 µg/m³



Trecho 05, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de MP (µg/m³), Período – Anual

Poluente: PI
Período: Anual
Padrão Primário: 50 µg/m³

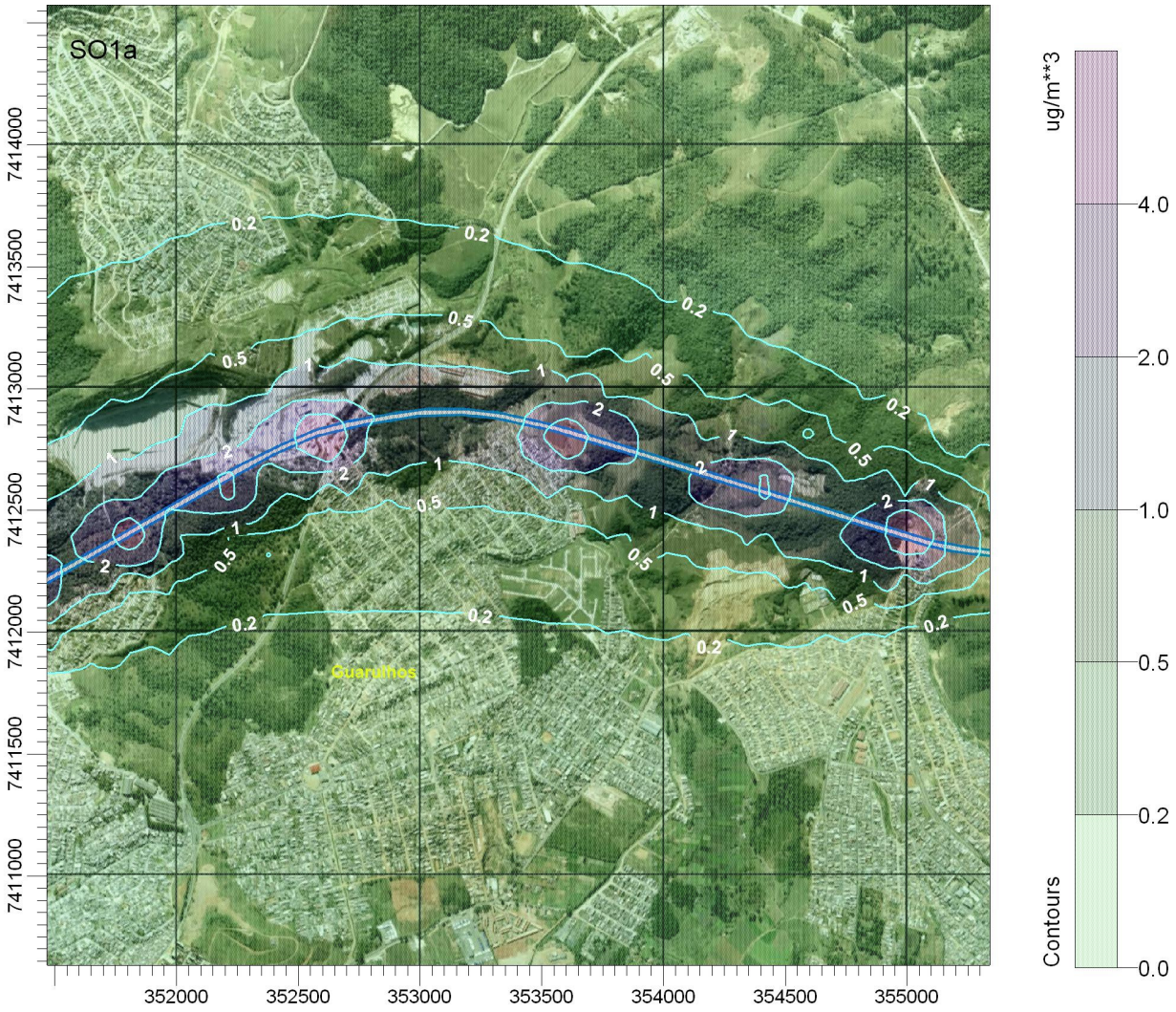


Trecho 05, Cenário 2.014: Concentração de SO_2 (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: SO_2
Período: 24 horas
Padrão Primário: 365 µg/m³
Padrão Secundário: 100 µg/m³

Trecho 05, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de SO_2 (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: SO_2
Período: 24 horas
Padrão Primário: 365 µg/m³
Padrão Secundário: 100 µg/m³

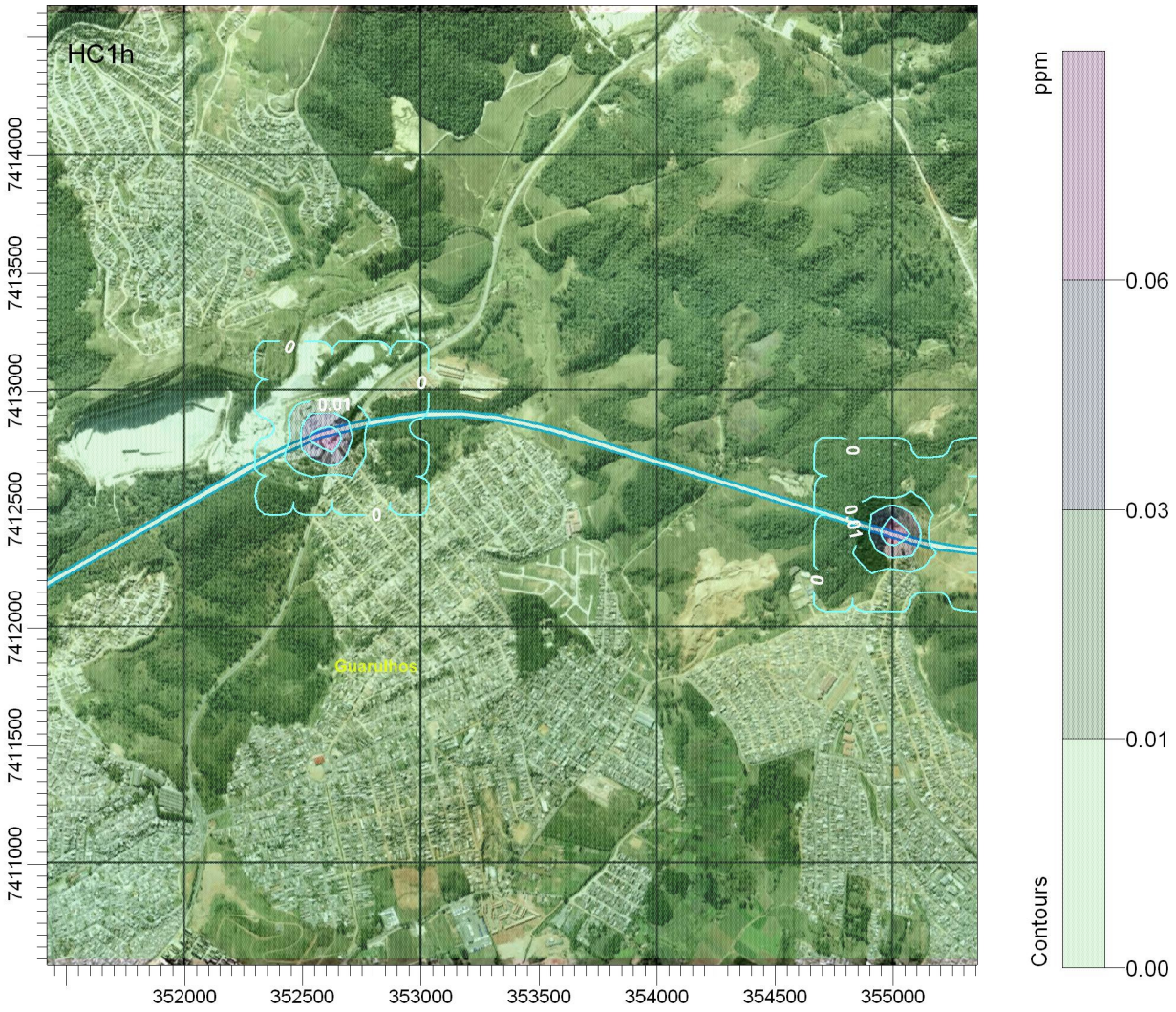


Trecho 05, Cenário 2.014: Concentração de SO_2 (µg/m³), Período – Anual

Poluente: SO_2
Período: Anual
Padrão Primário: 80 µg/m³
Padrão Secundário: 40 µg/m³

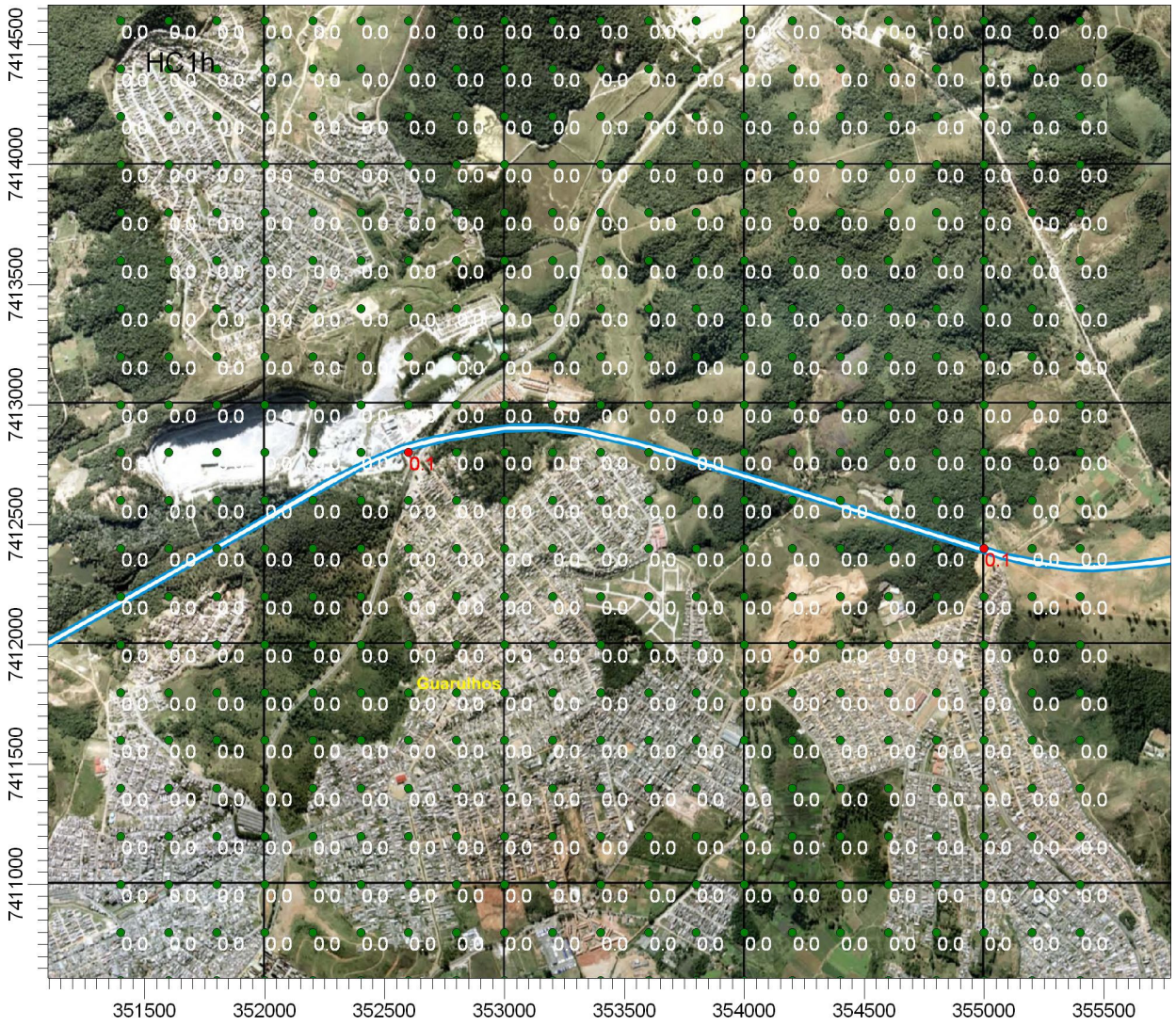
Trecho 05, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de SO_2 (µg/m³), Período – Anual

Poluente: SO_2
Período: Anual
Padrão Primário: 80 µg/m³
Padrão Secundário: 40 µg/m³



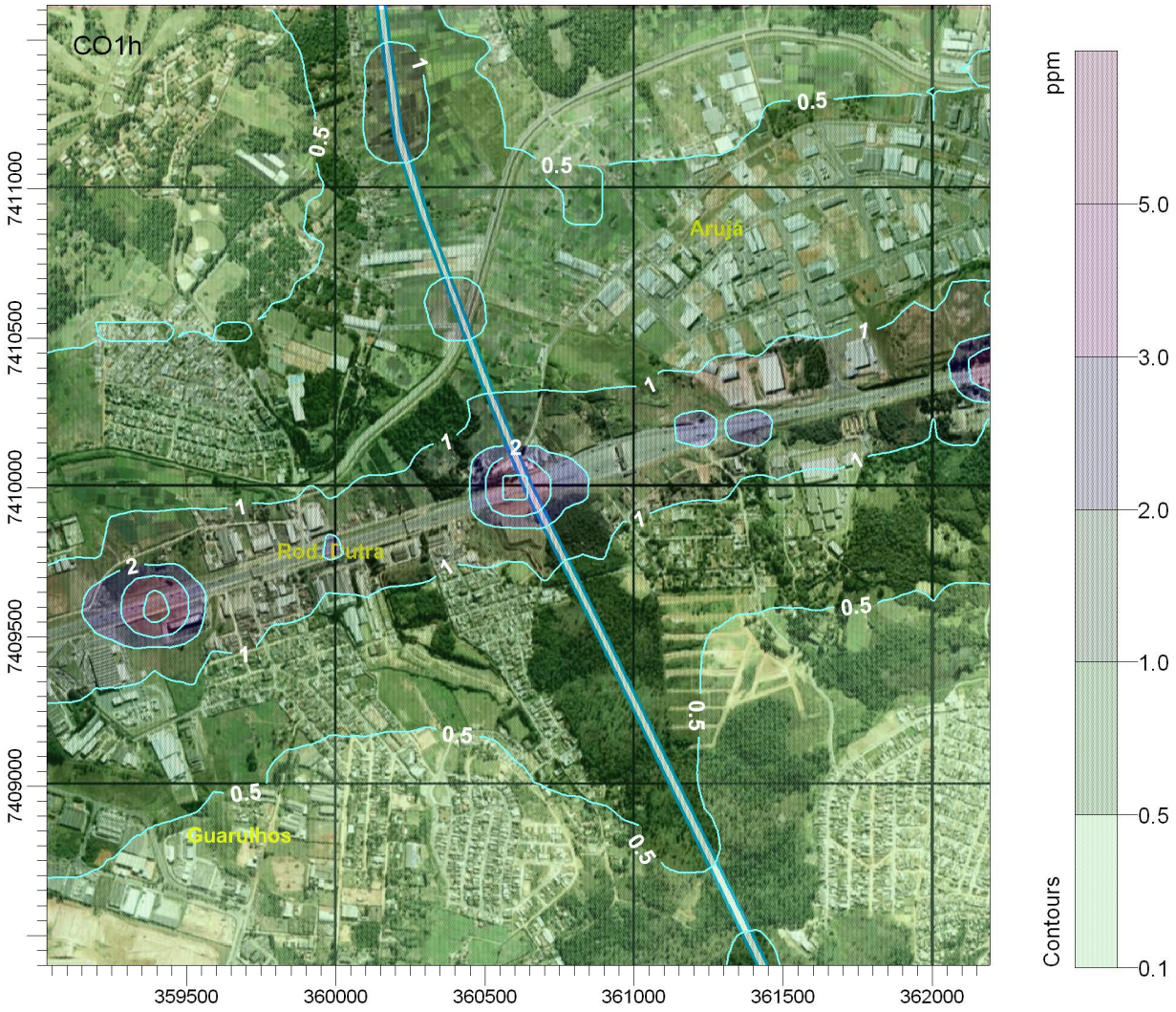
Trecho 05, Cenário 2.014: Concentração de HC (ppm), Período – 1 hora

Poluente: HC (como Hexano)
Período: 1 hora
Padrão Primário: -



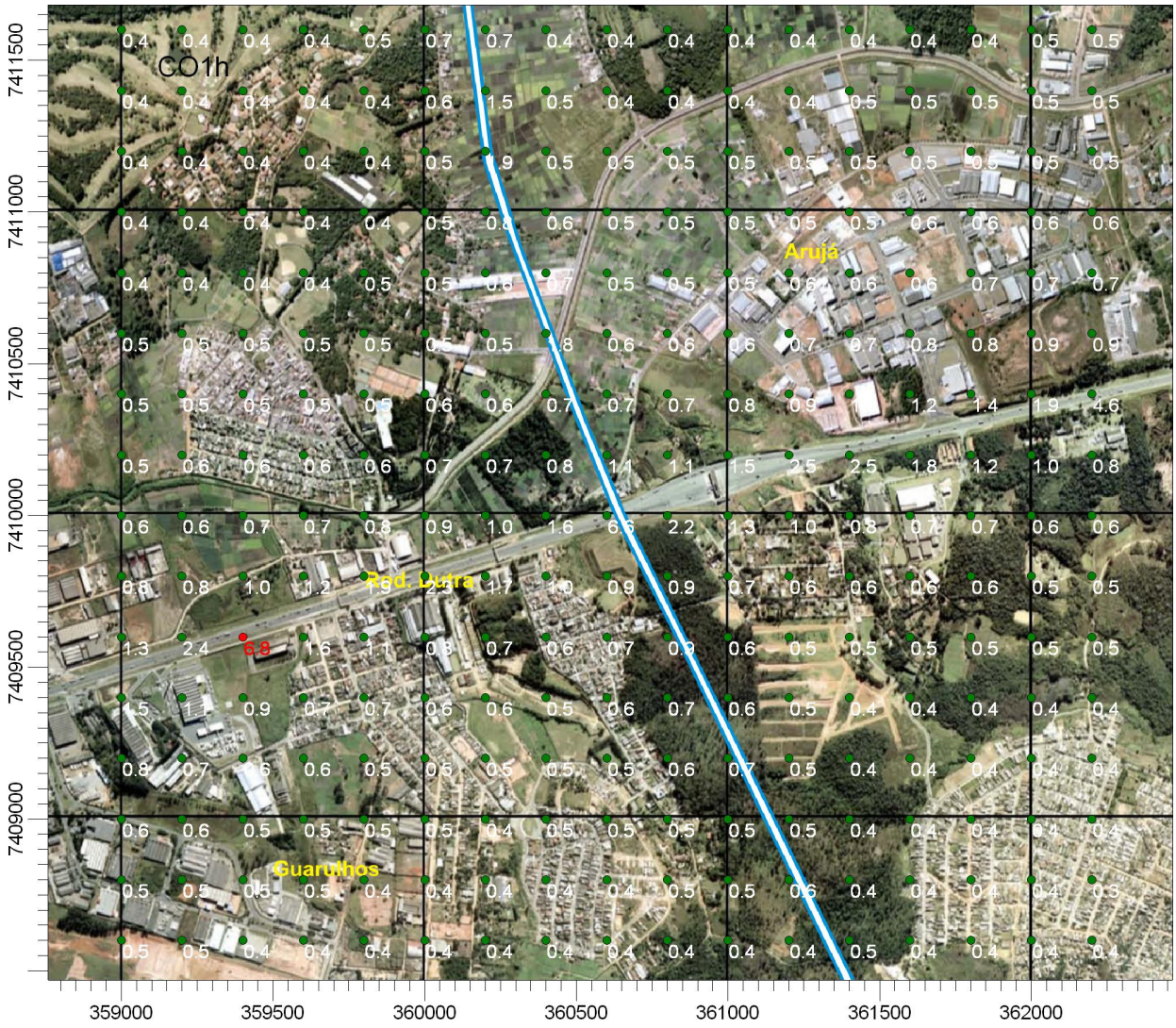
Trecho 05, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de HC (ppm), Período – 1 hora

Poluente: HC (como Hexano)
Período: 1 hora
Padrão Primário: -



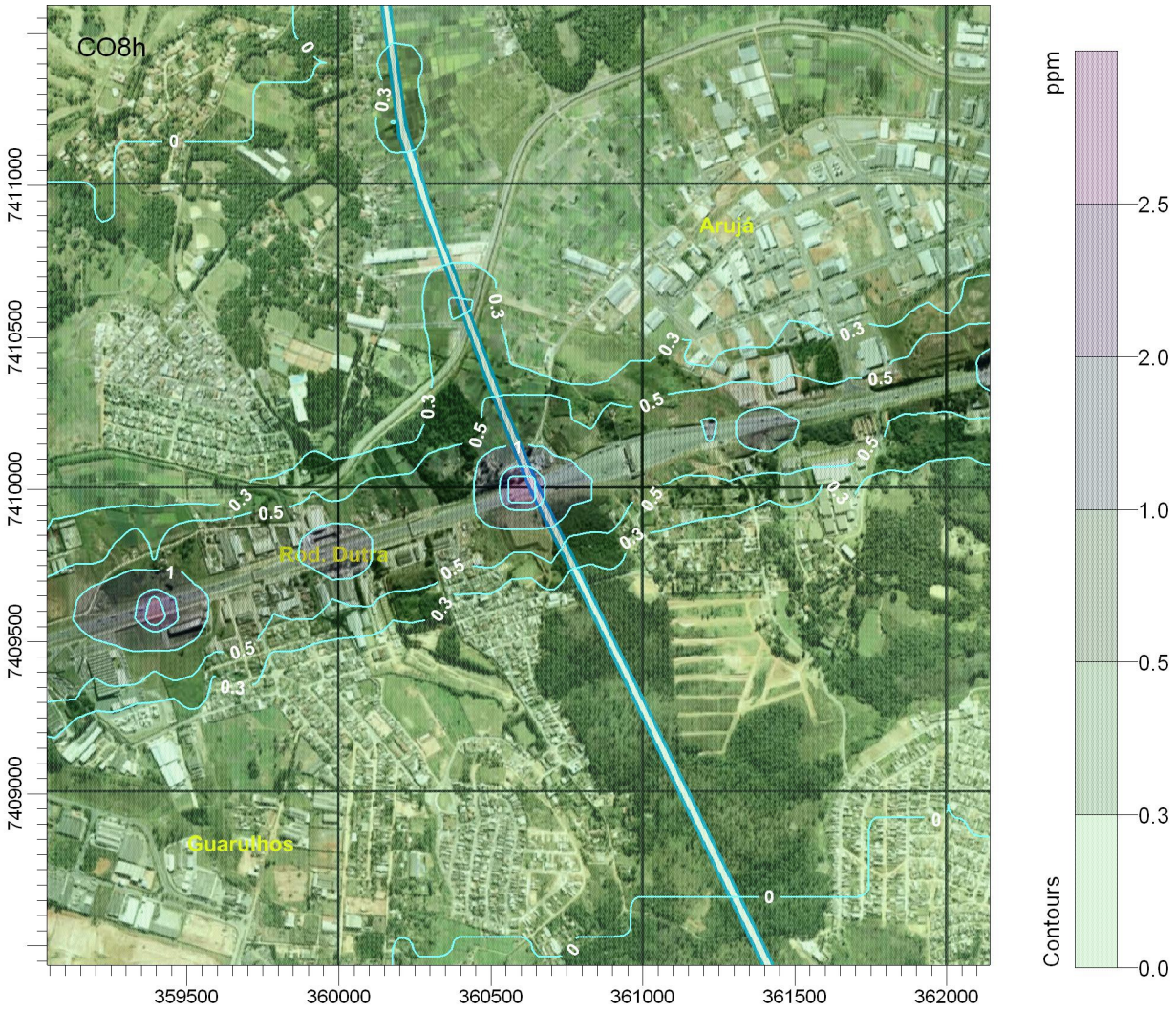
Trecho 06, Cenário 2.014: Concentração de CO (ppm), Período – 1 hora

Poluente: CO
Período: 1 hora
Padrão Primário: 40.000 µg/m³ (34,9 ppm)



Trecho 06, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de CO (ppm), Período – 1 hora

Poluente: CO
Período: 1 hora
Padrão Primário: 40.000 µg/m³ (34,9 ppm)

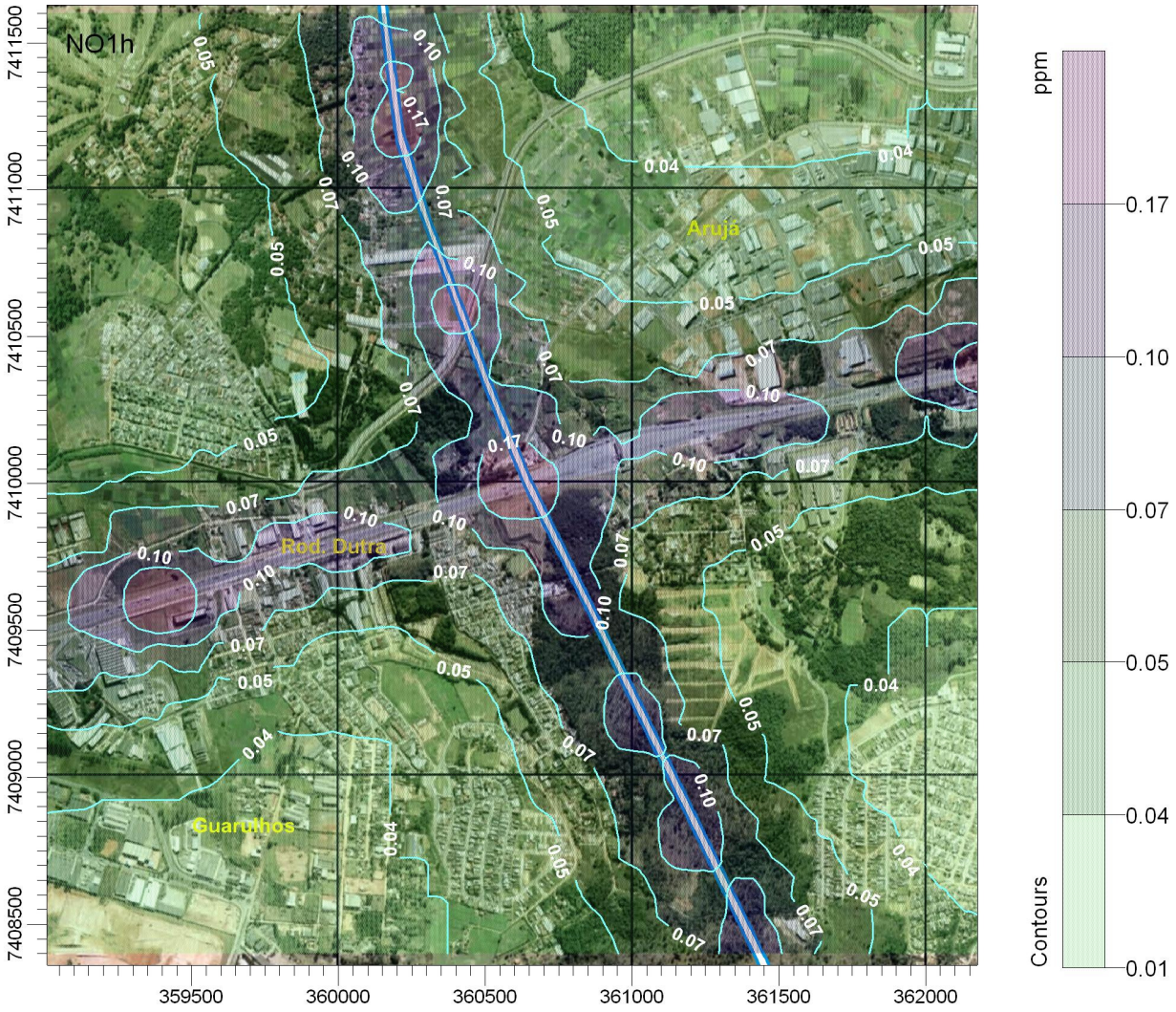


Trecho 06, Cenário 2.014: Concentração de CO (ppm), Período – 8 horas

Poluente: CO
Período: 8 horas
Padrão Primário: 10.000 µg/m³ (8,7 ppm)

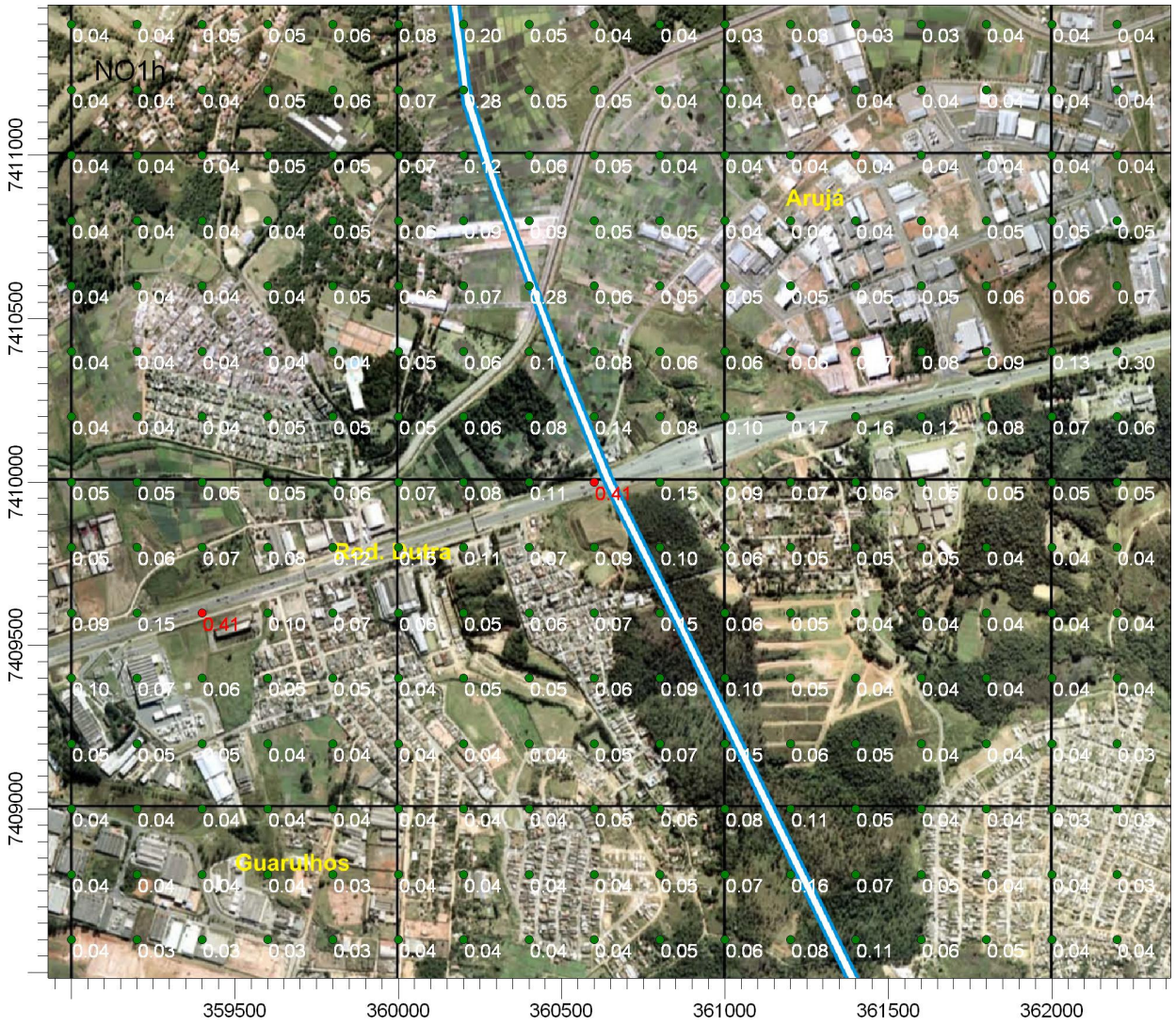
Trecho 06, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de CO (ppm), Período – 8 horas

Poluente: CO
Período: 8 horas
Padrão Primário: 10.000 µg/m³ (8,7 ppm)



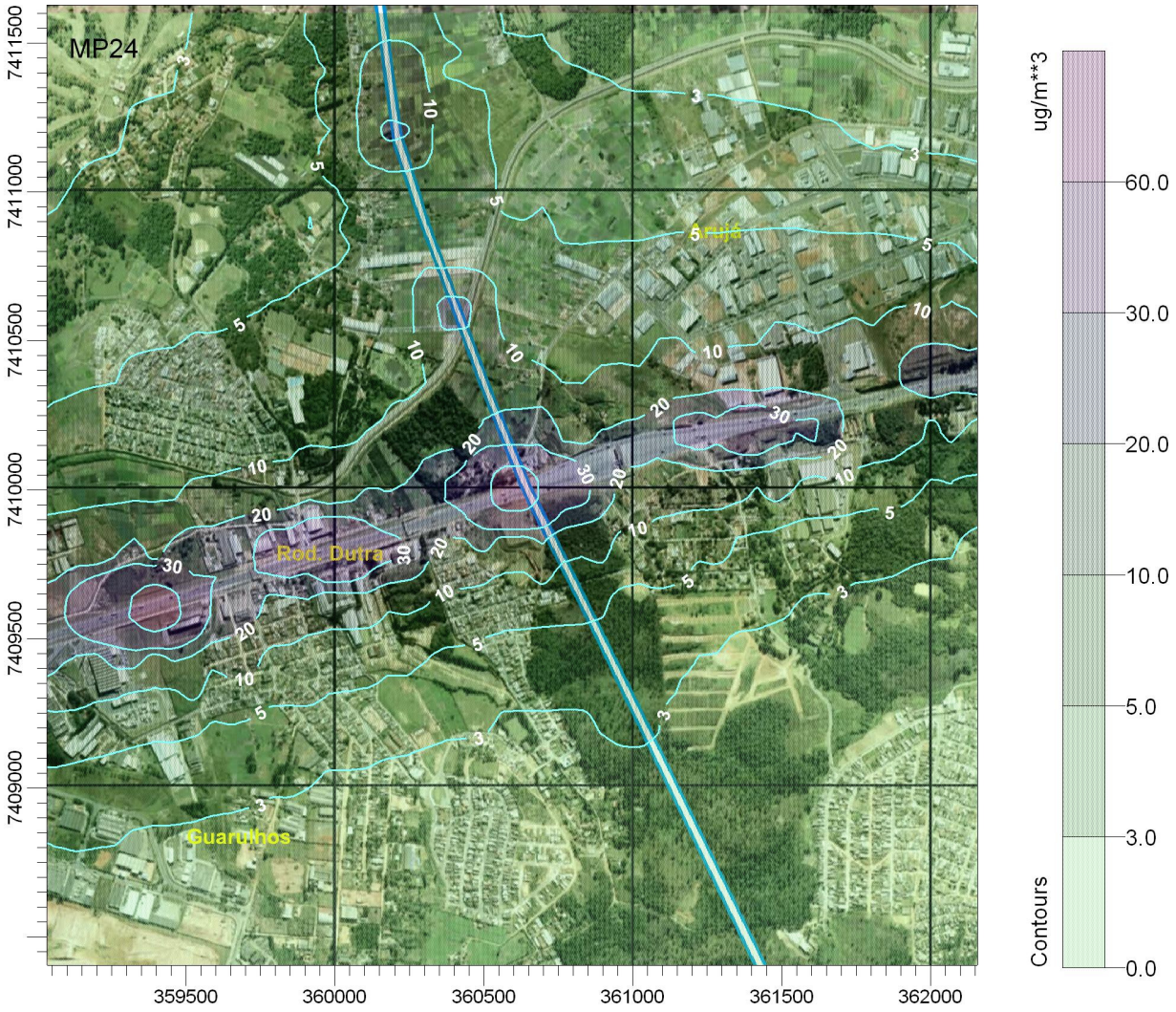
Trecho 06, Cenário 2.014: Concentração De NO_2 (ppm), Período – 1 hora

Poluente: NO_2
Período: 1 hora
Padrão Primário: 320 µg/m³ (0,17 ppm)



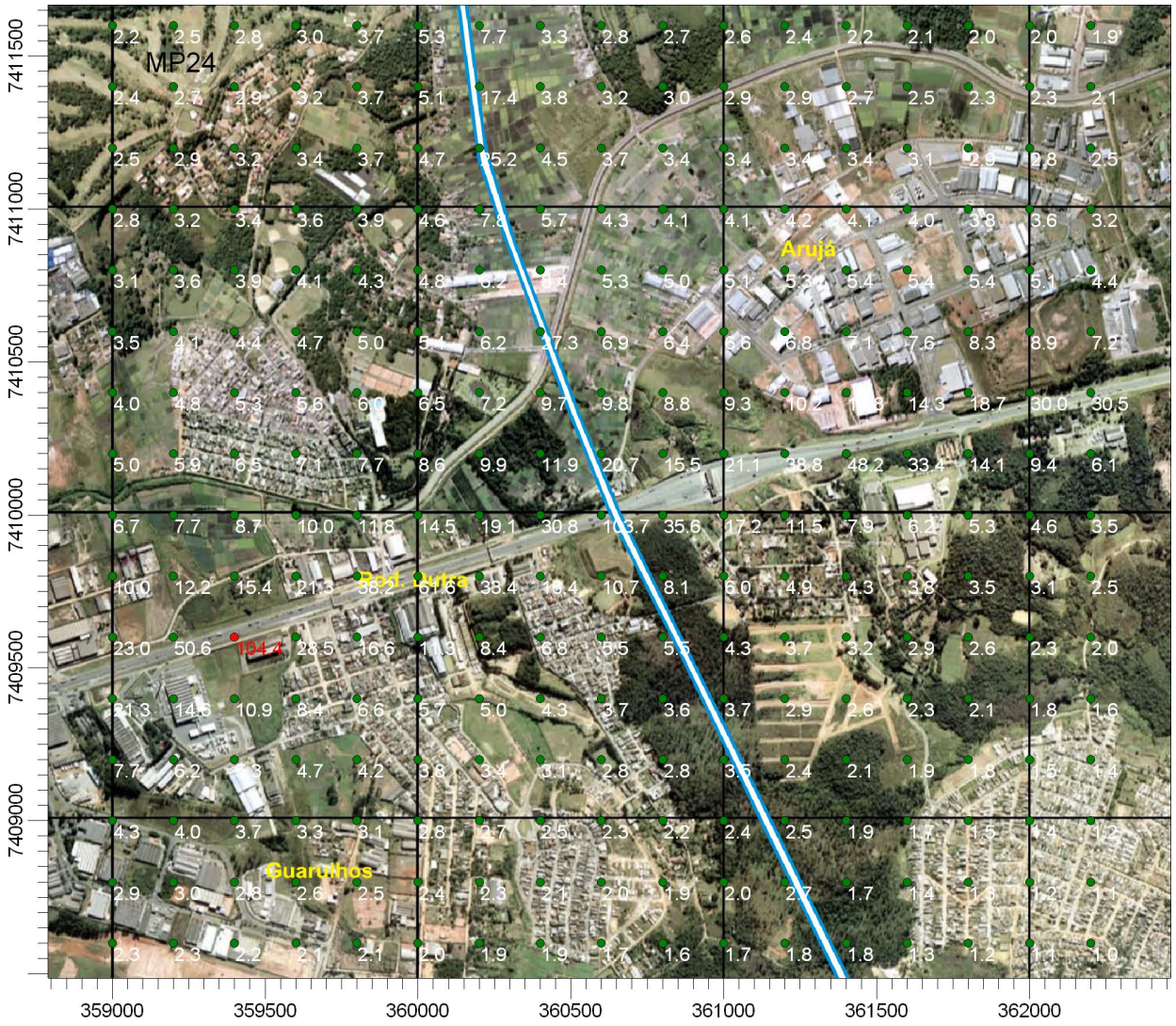
Trecho 06, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de NO_2 (ppm), Período – 1 hora

Poluente: NO_2
Período: 1 hora
Padrão Primário: 320 µg/m³ (0,17 ppm)



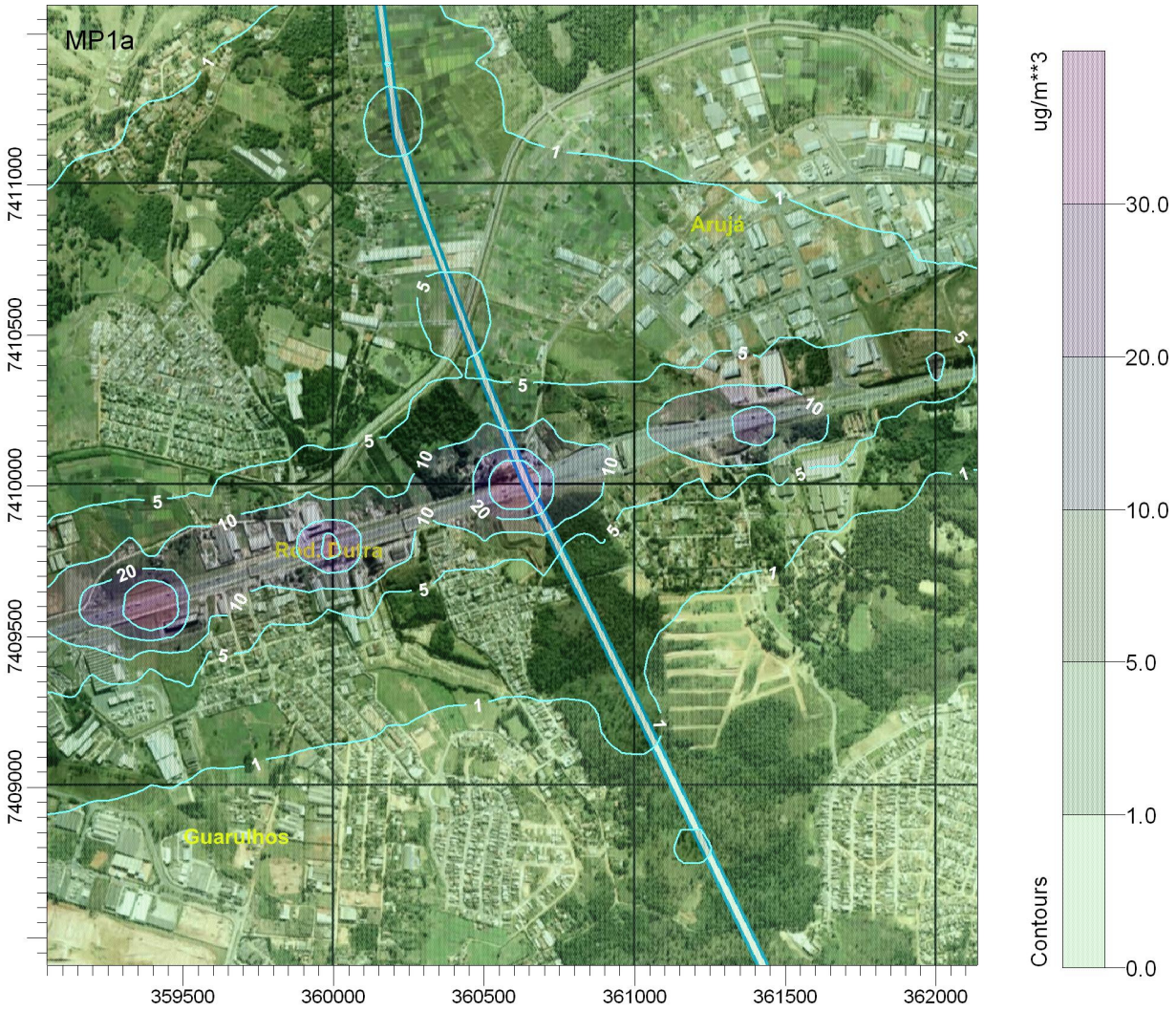
Trecho 06, Cenário 2.014: Concentração de MP (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: PI
Período: 24 horas
Padrão Primário: 150 µg/m³



Trecho 06, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de MP (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: PI
Período: 24 horas
Padrão Primário: 150 µg/m³

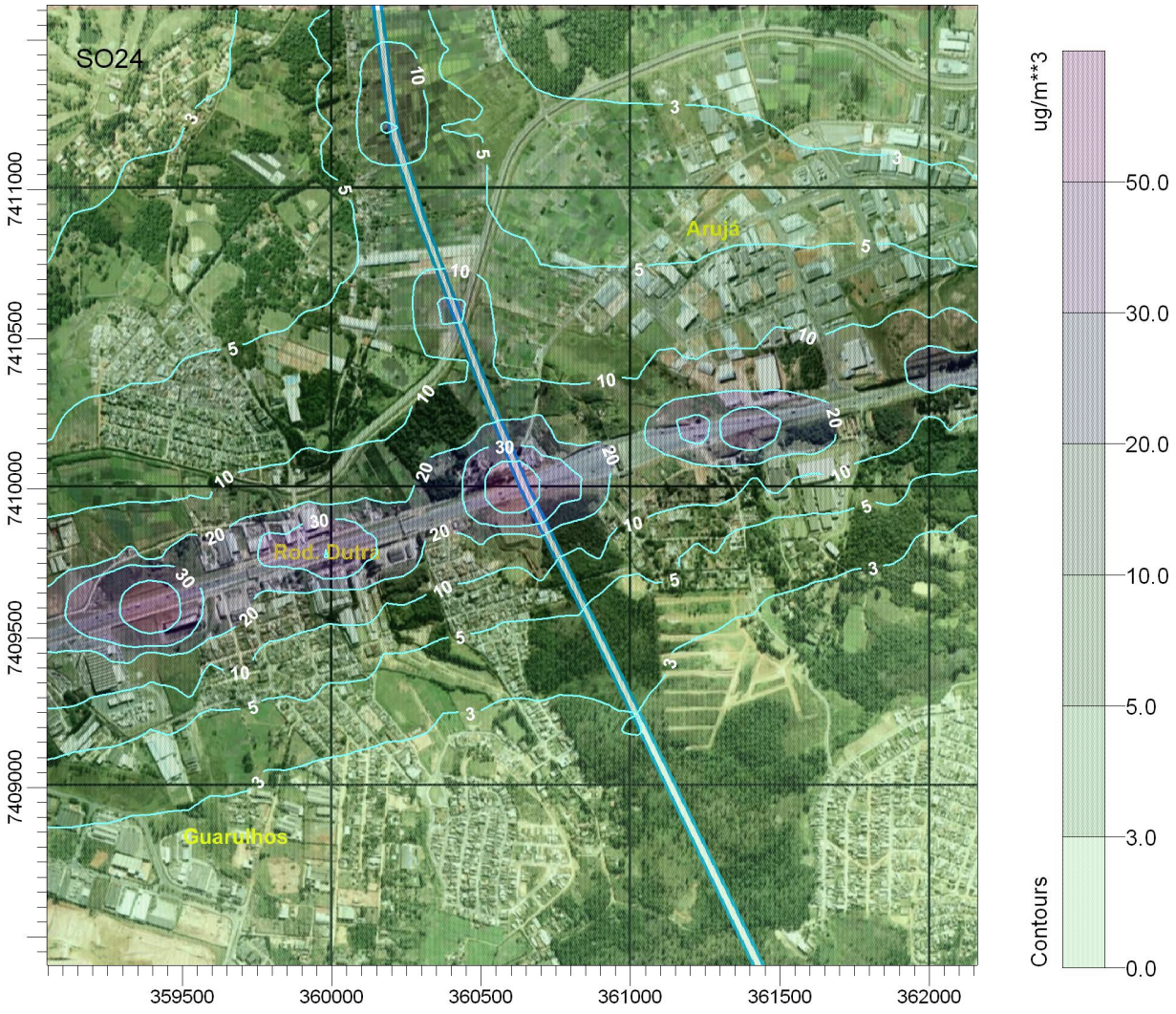


Trecho 06, Cenário 2.014: Concentração de MP (µg/m³), Período – Anual

Poluente: PI
Período: Anual
Padrão Primário: 50 µg/m³

Trecho 06, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de MP (µg/m³), Período – Anual

Poluente: PI
Período: Anual
Padrão Primário: 50 µg/m³

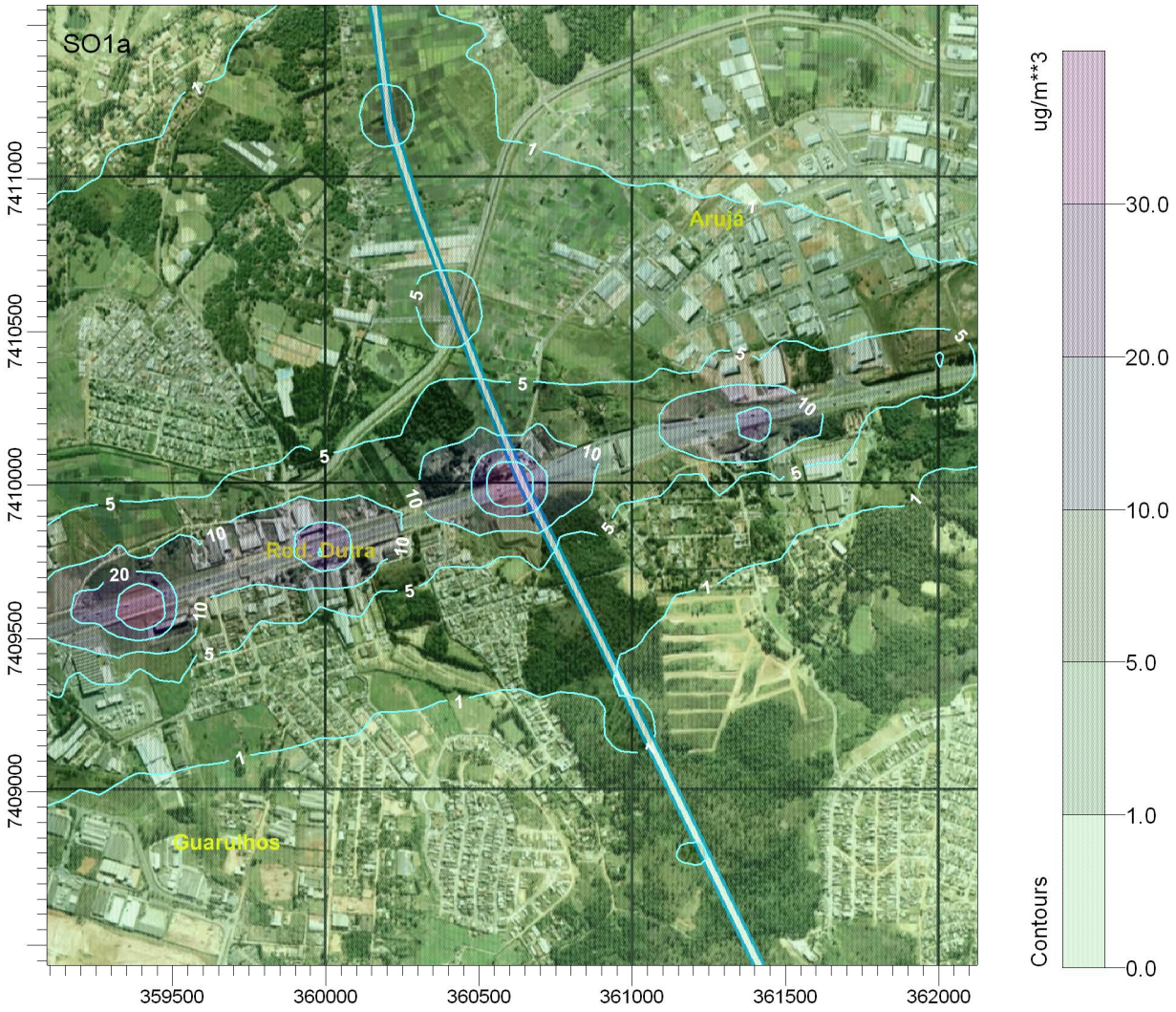


Trecho 06, Cenário 2.014: Concentração de SO_2 (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: SO_2
Período: 24 horas
Padrão Primário: 365 µg/m³
Padrão Secundário: 100 µg/m³

Trecho 06, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de SO_2 (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: SO_2
Período: 24 horas
Padrão Primário: 365 µg/m³
Padrão Secundário: 100 µg/m³

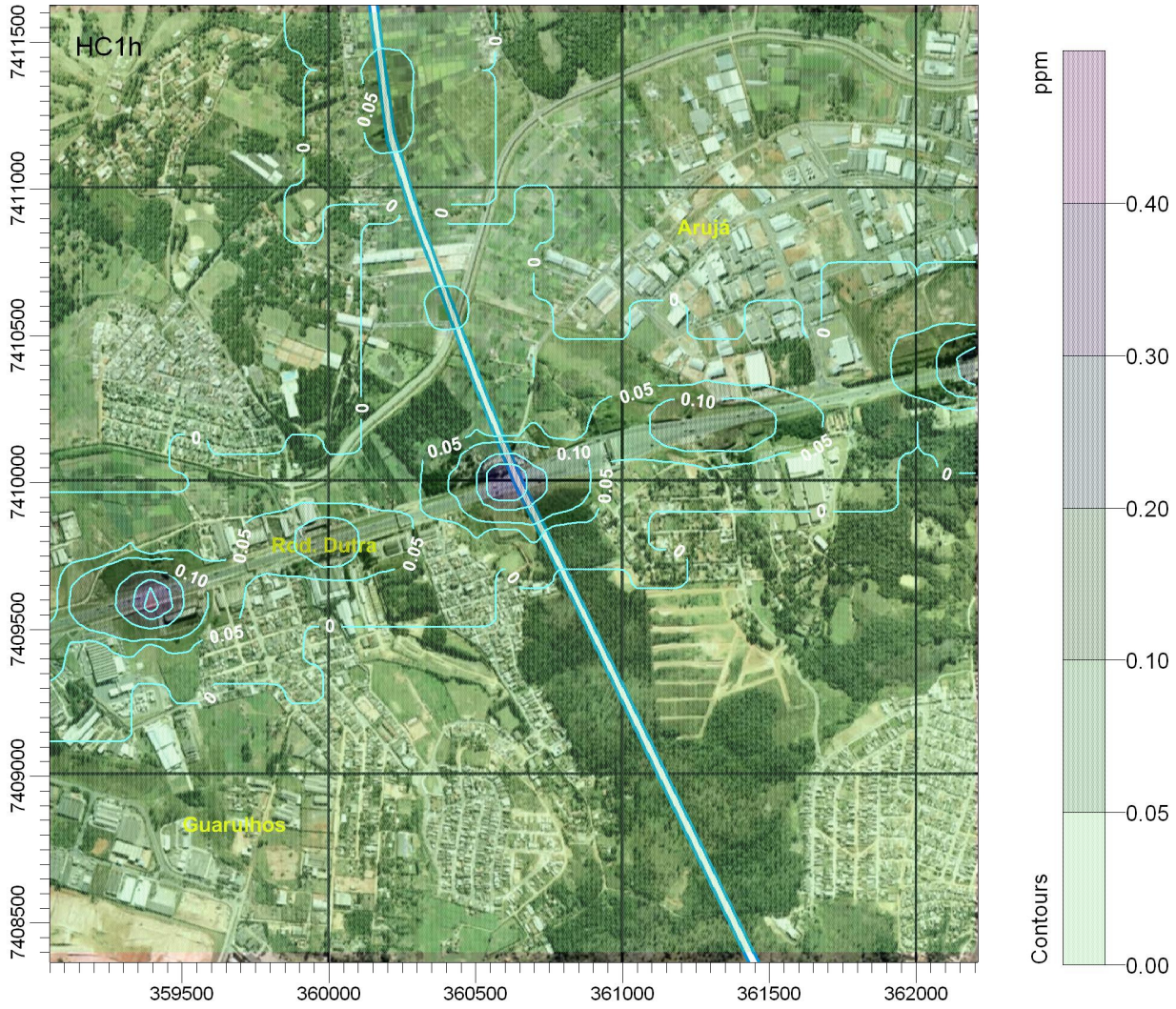


Trecho 06, Cenário 2.014: Concentração de SO_2 (µg/m³), Período – Anual

Poluente: SO_2
Período: Anual
Padrão Primário: 80 µg/m³
Padrão Secundário: 40 µg/m³

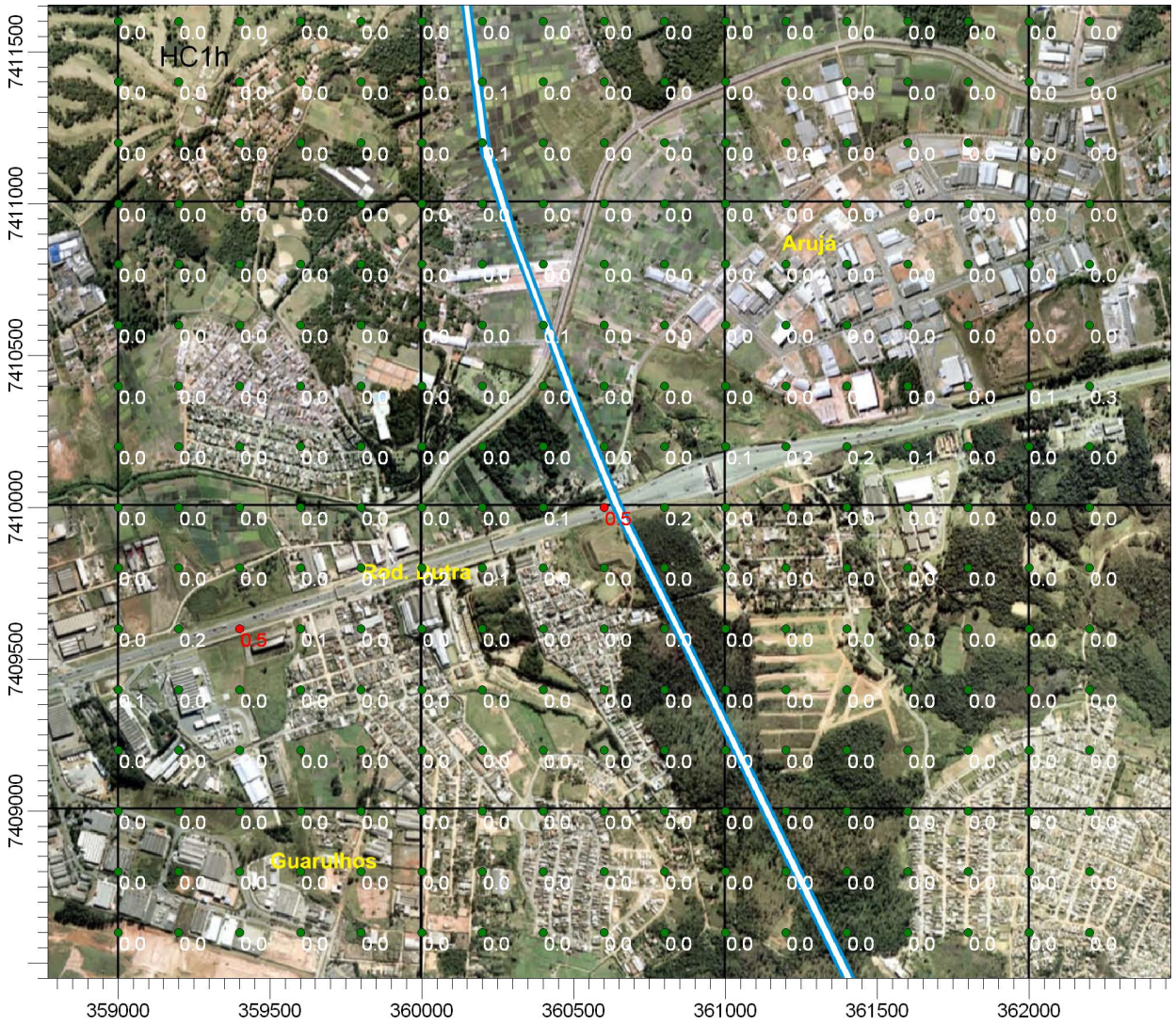
Trecho 06, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de SO_2 (µg/m³), Período – Anual

Poluente: SO_2
Período: Anual
Padrão Primário: 80 µg/m³
Padrão Secundário: 40 µg/m³



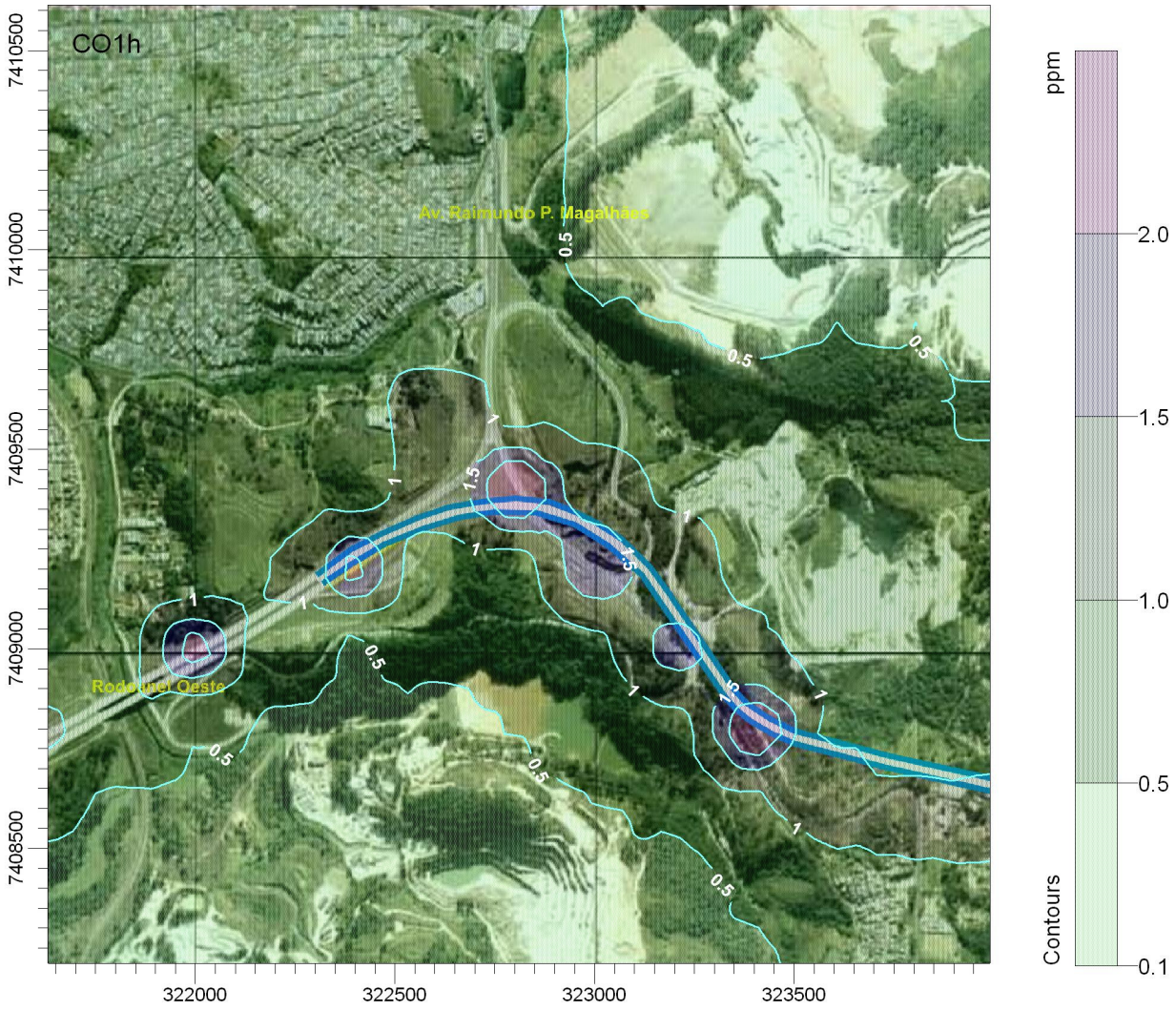
Trecho 06, Cenário 2.014: Concentração de HC (ppm), Período – 1 hora

Poluente: HC (como Hexano)
Período: 1 hora
Padrão Primário: -



Trecho 06, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de HC (ppm), Período – 1 hora

Poluente: HC (como Hexano)
Período: 1 hora
Padrão Primário: -

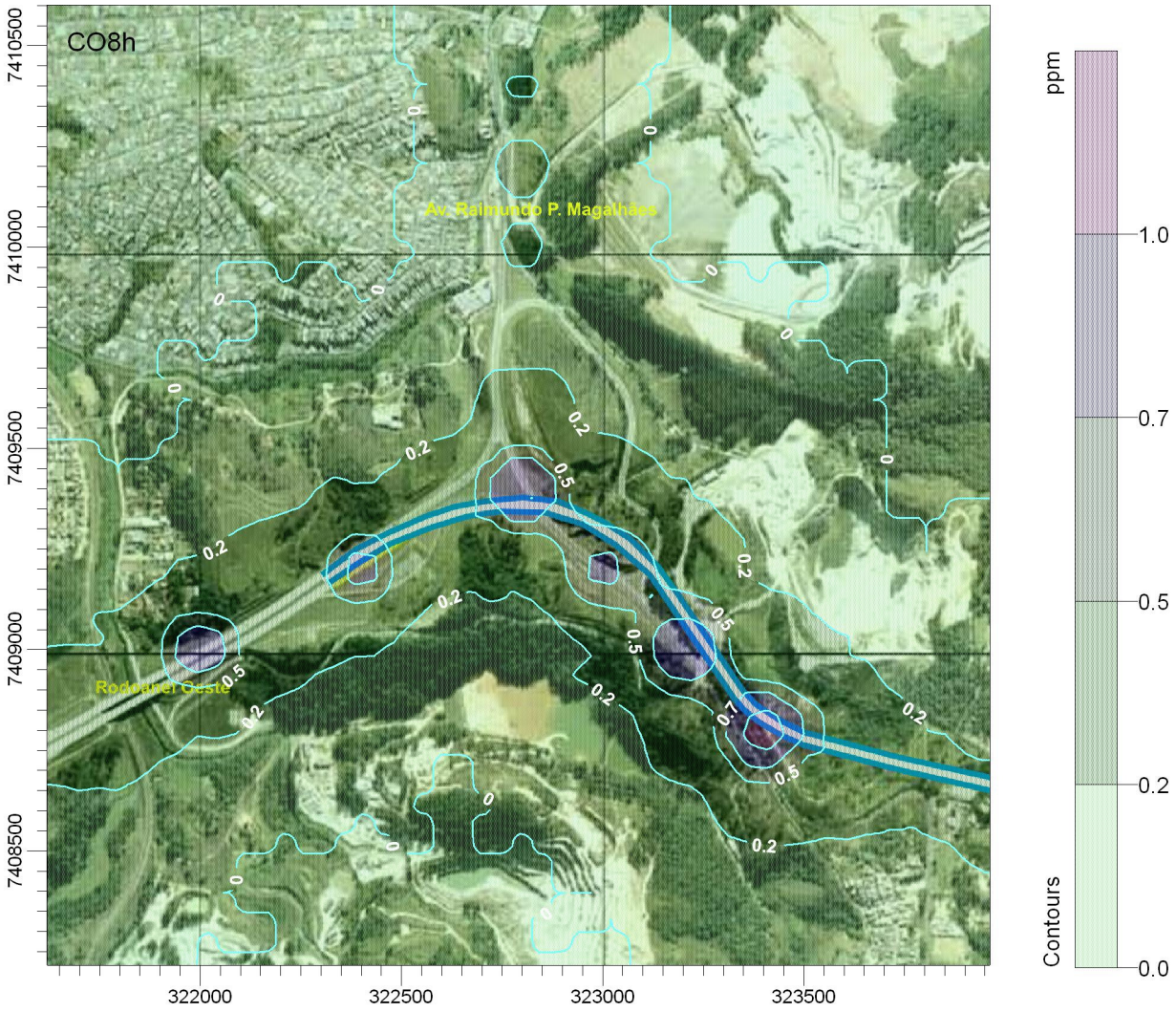


Trecho 01, Cenário 2.024: Concentração de CO (ppm), Período – 1 hora

Poluente: CO
Período: 1 hora
Padrão Primário: 40.000 µg/m³ (34,9 ppm)

Trecho 01, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de CO (ppm), Período – 1 hora

Poluente: CO
Período: 1 hora
Padrão Primário: 40.000 µg/m³ (34,9 ppm)

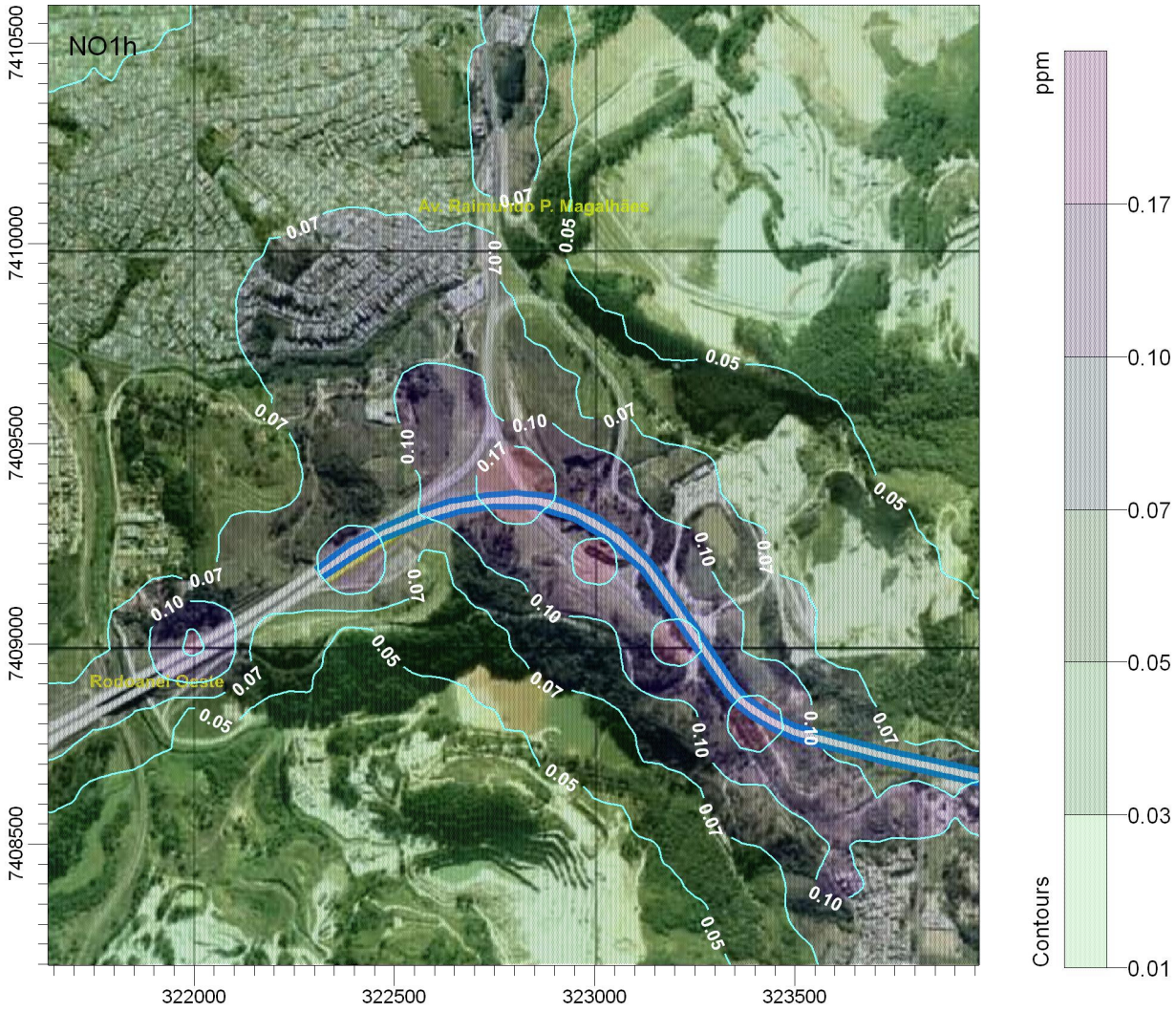


Trecho 01, Cenário 2.024: de CO (ppm), Período – 8 horas

Poluente: CO
Período: 8 horas
Padrão Primário: 10.000 µg/m³ (8,7 ppm)

Trecho 01, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de CO (ppm), Período – 8 horas

Poluente: CO
Período: 8 horas
Padrão Primário: 10.000 µg/m³ (8,7 ppm)

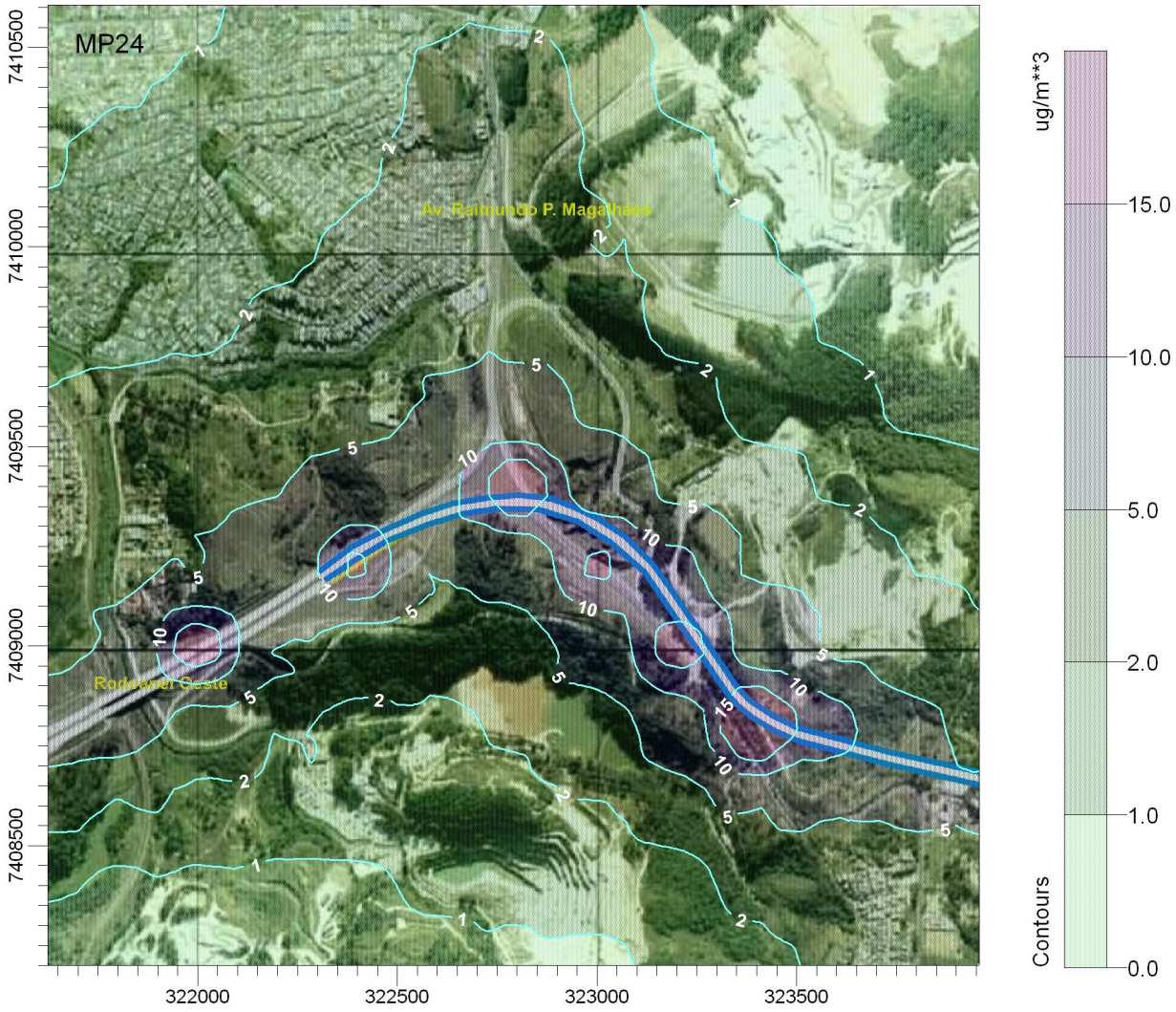


Trecho 01, Cenário 2.024: Concentração de NO_2 (ppm), Período – 1 hora

Poluente: NO_2
Período: 1 hora
Padrão Primário: 320 µg/m³ (0,17 ppm)

Trecho 01, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de NO_2 (ppm), Período – 1 hora

Poluente: NO_2
Período: 1 hora
Padrão Primário: 320 µg/m³ (0,17 ppm)

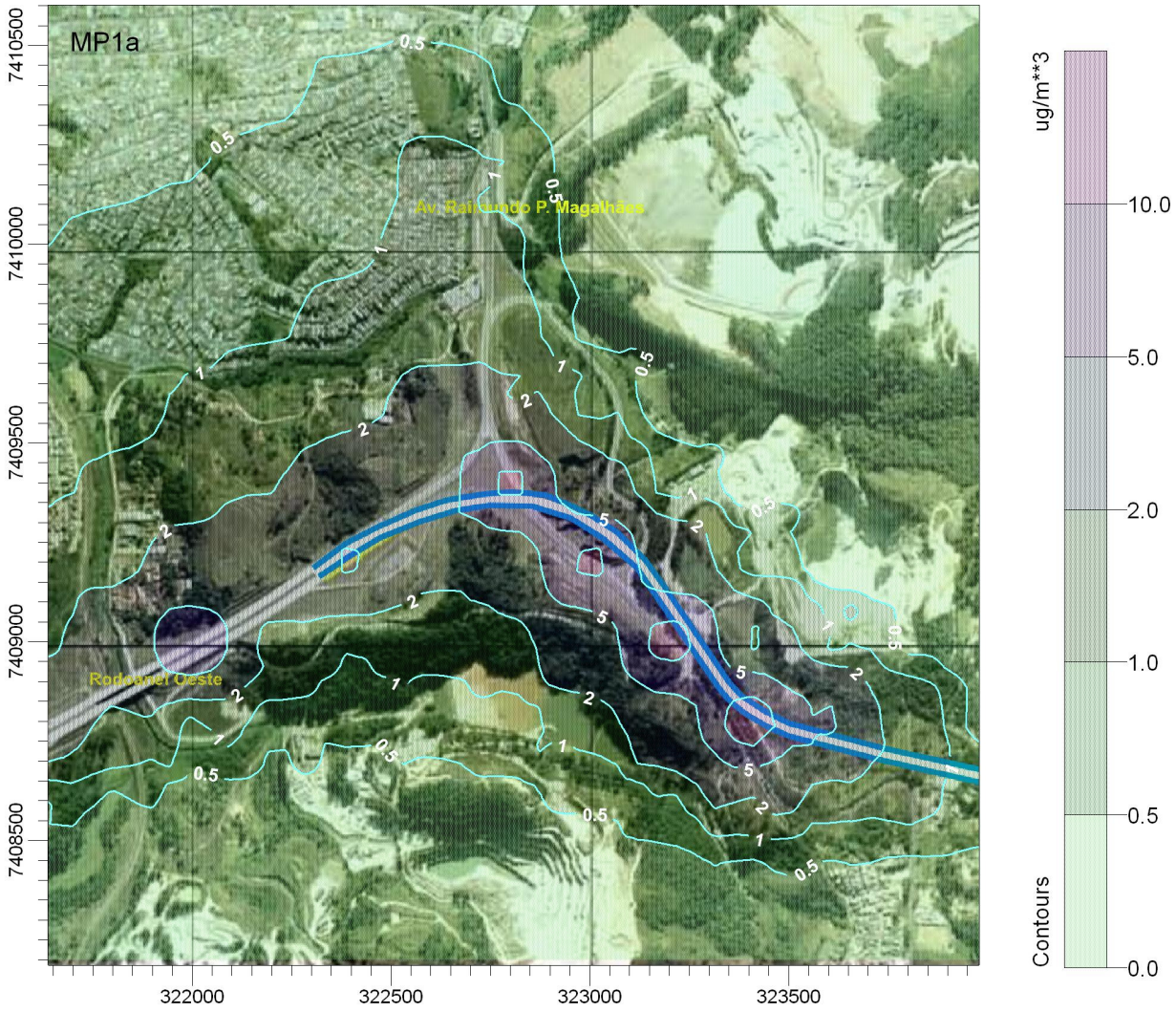


Trecho 01, Cenário 2.024: Concentração de MP (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: PI
Período: 24 horas
Padrão Primário: 150 µg/m³

Trecho 01, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de MP (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: PI
Período: 24 horas
Padrão Primário: 150 µg/m³

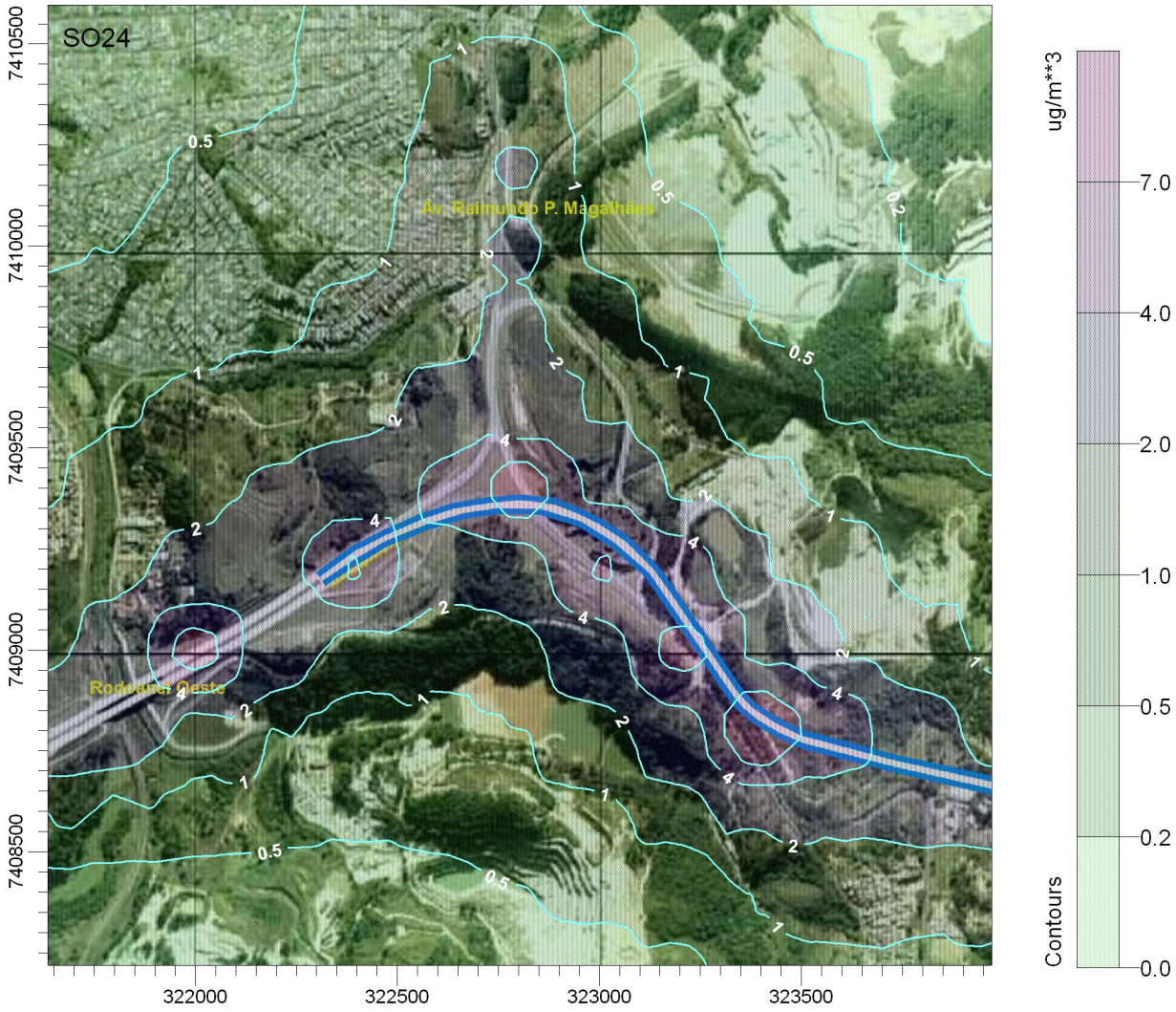


Trecho 01, Cenário 2.024: Concentração de MP (µg/m³), Período – Anual

Poluente: PI
Período: Anual
Padrão Primário: 50 µg/m³

Trecho 01, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de MP (µg/m³), Período – Anual

Poluente: PI
Período: Anual
Padrão Primário: 50 µg/m³

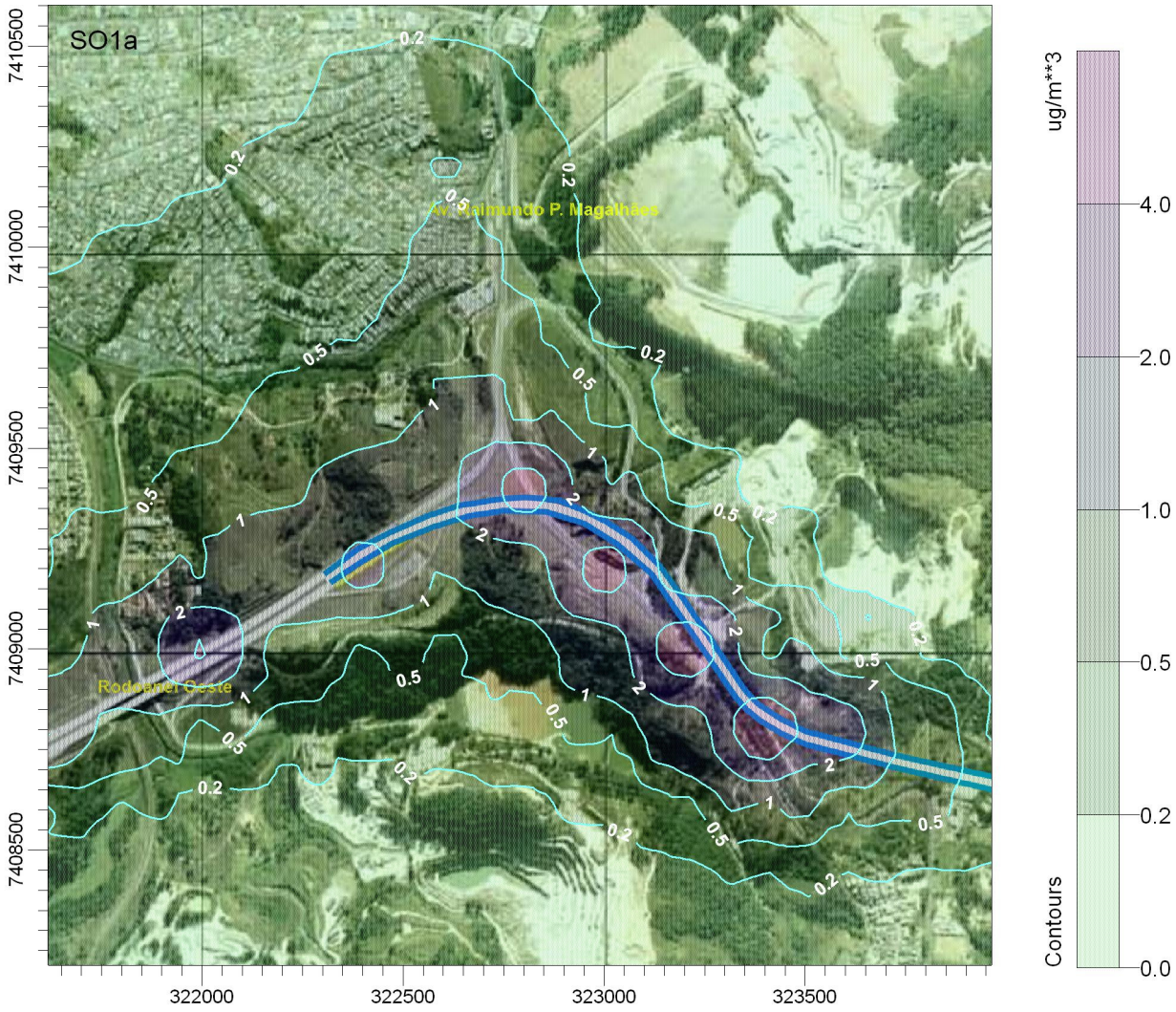


Trecho 01, Cenário 2.024: Concentração de SO_2 (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: SO_2
Período: 24 horas
Padrão Primário: 365 µg/m³
Padrão Secundário: 100 µg/m³

Trecho 01, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de SO_2 (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: SO_2
Período: 24 horas
Padrão Primário: 365 µg/m³
Padrão Secundário: 100 µg/m³

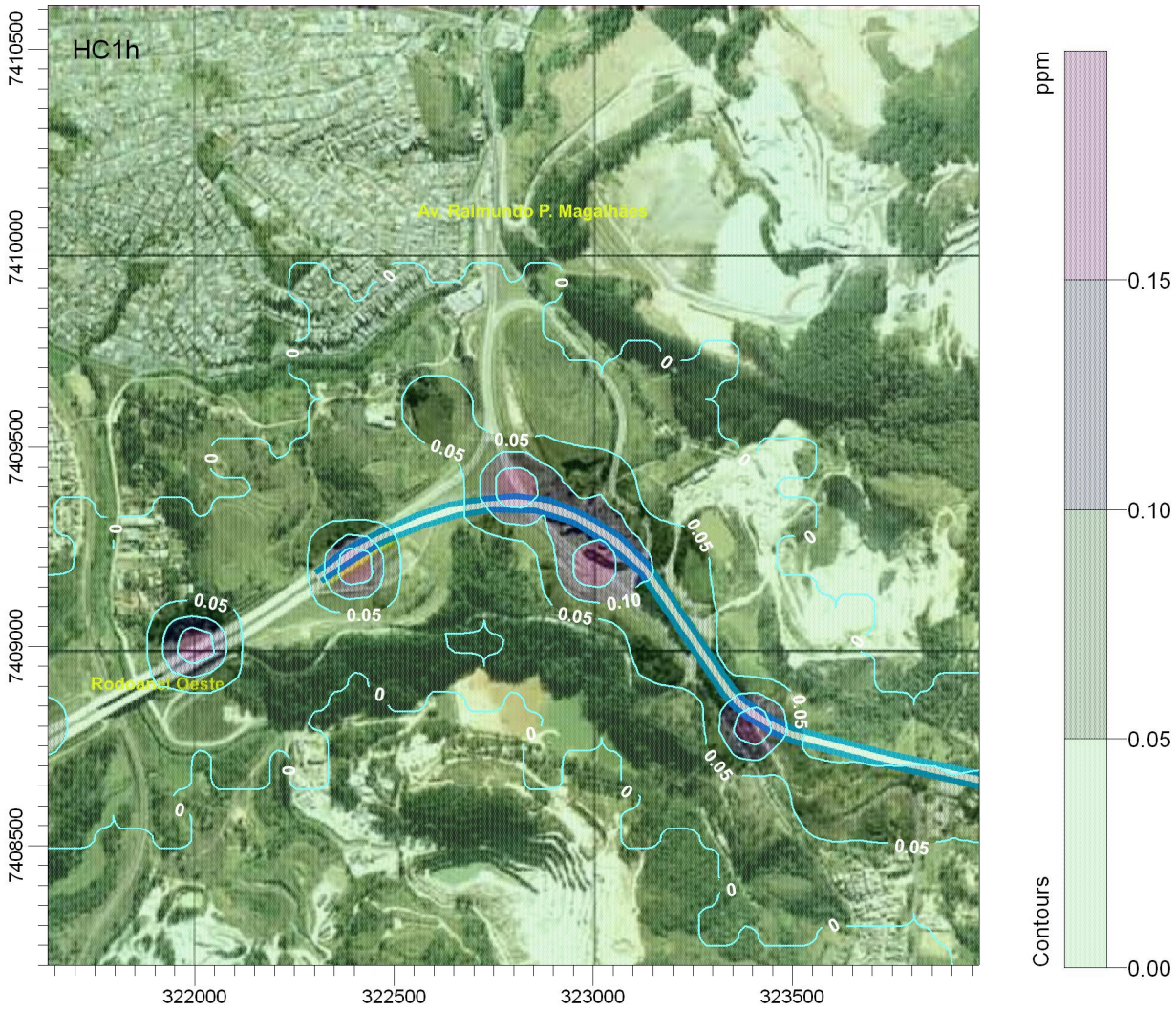


Trecho 01, Cenário 2.024: Concentração de SO_2 (µg/m³), Período – Anual

Poluente: SO_2
Período: Anual
Padrão Primário: 80 µg/m³
Padrão Secundário: 40 µg/m³

Trecho 01, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de SO_2 (µg/m³), Período – Anual

Poluente: SO_2
Período: Anual
Padrão Primário: 80 µg/m³
Padrão Secundário: 40 µg/m³

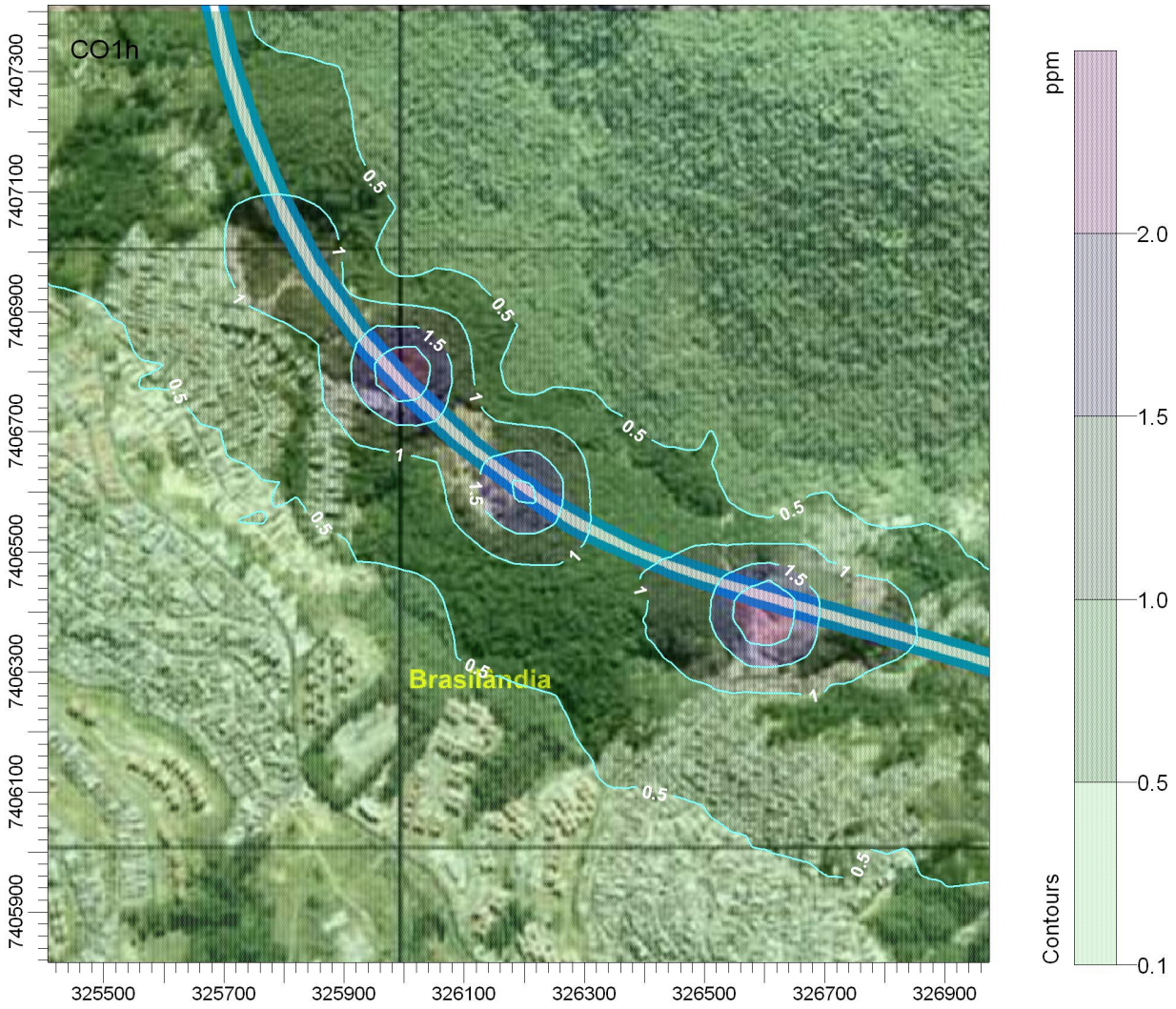


Trecho 01, Cenário 2.024: Concentração de HC (ppm), Período – 1 hora

Poluente: HC (como hexano)
Período: 1 hora
Padrão Primário: -

Trecho 01, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de HC (ppm), Período – 1 hora

Poluente: HC (como hexano)
Período: 1 hora
Padrão Primário: -

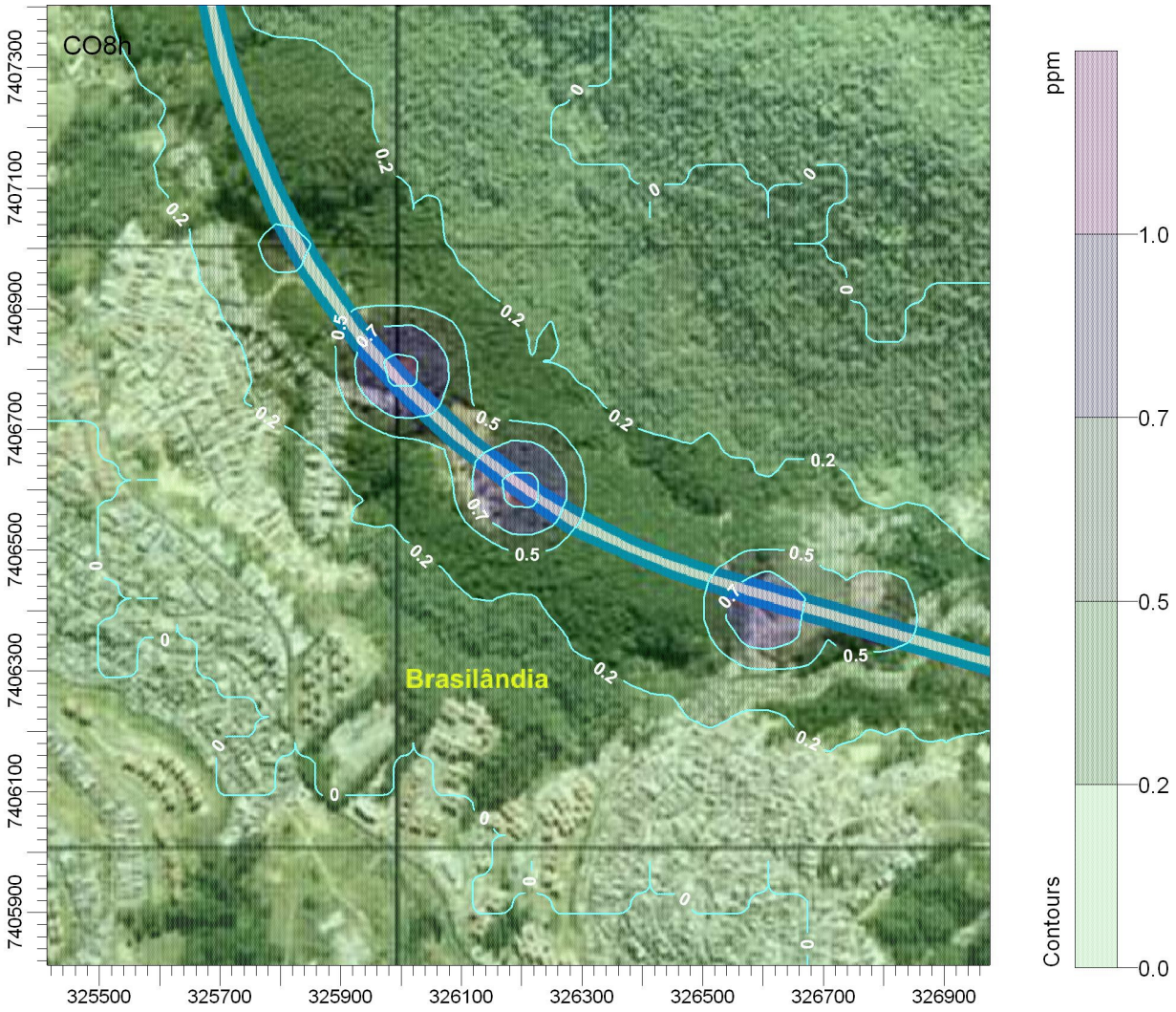


Trecho 02, Cenário 2.024: Concentração de CO (ppm), Período – 1 hora

Poluente: CO
Período: 1 hora
Padrão Primário: 40.000 µg/m³ (34,9 ppm)

Trecho 02, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de CO (ppm), Período – 1 hora

Poluente: CO
Período: 1 hora
Padrão Primário: 40.000 µg/m³ (34,9 ppm)

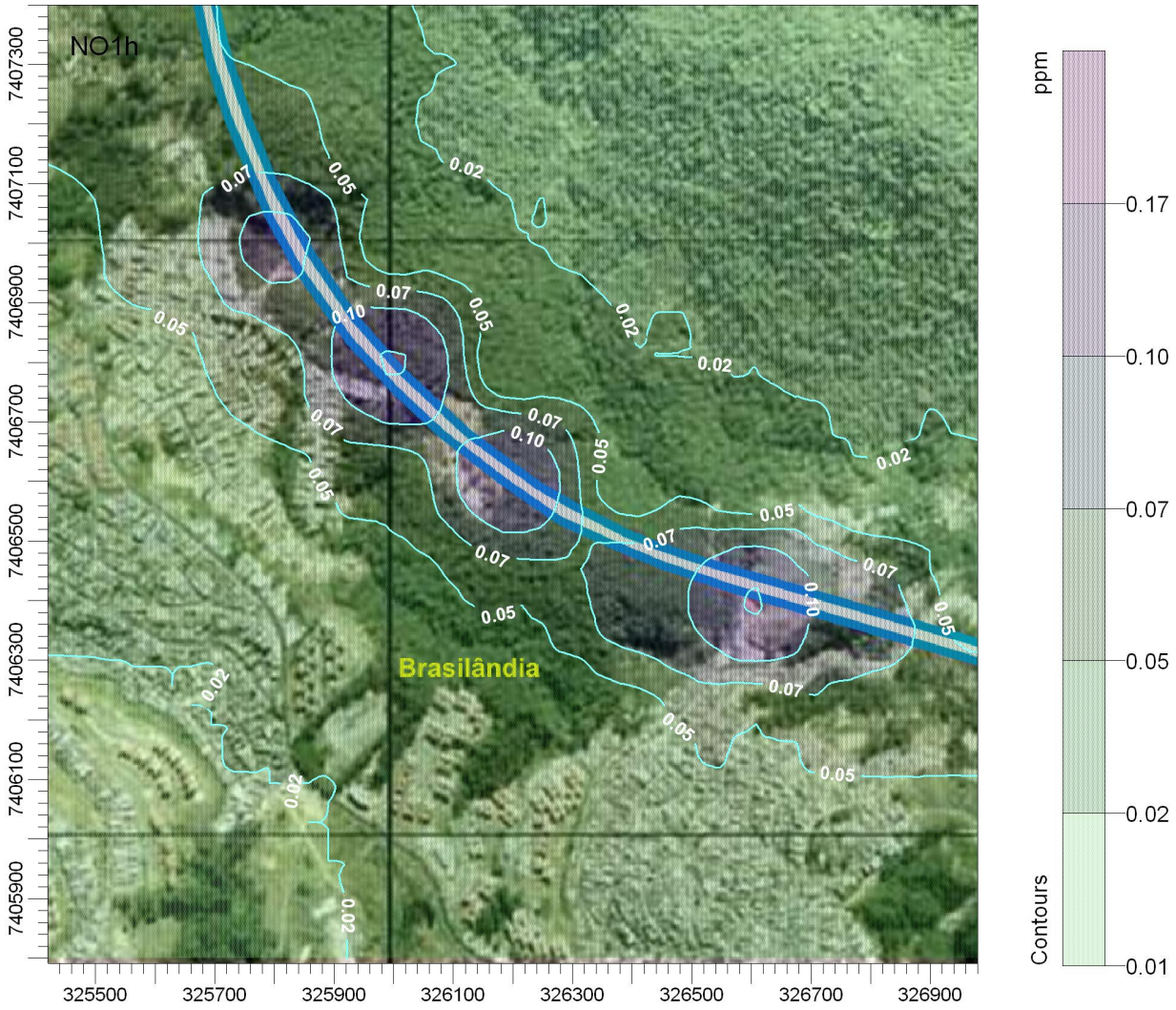


Trecho 02, Cenário 2.024: Concentração de CO (ppm), Período – 8 horas

Poluente: CO
Período: 8 horas
Padrão Primário: 10.000 µg/m³ (8,7 ppm)

Trecho 02, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de CO (ppm), Período – 8 horas

Poluente: CO
Período: 8 horas
Padrão Primário: 10.000 µg/m³ (8,7 ppm)

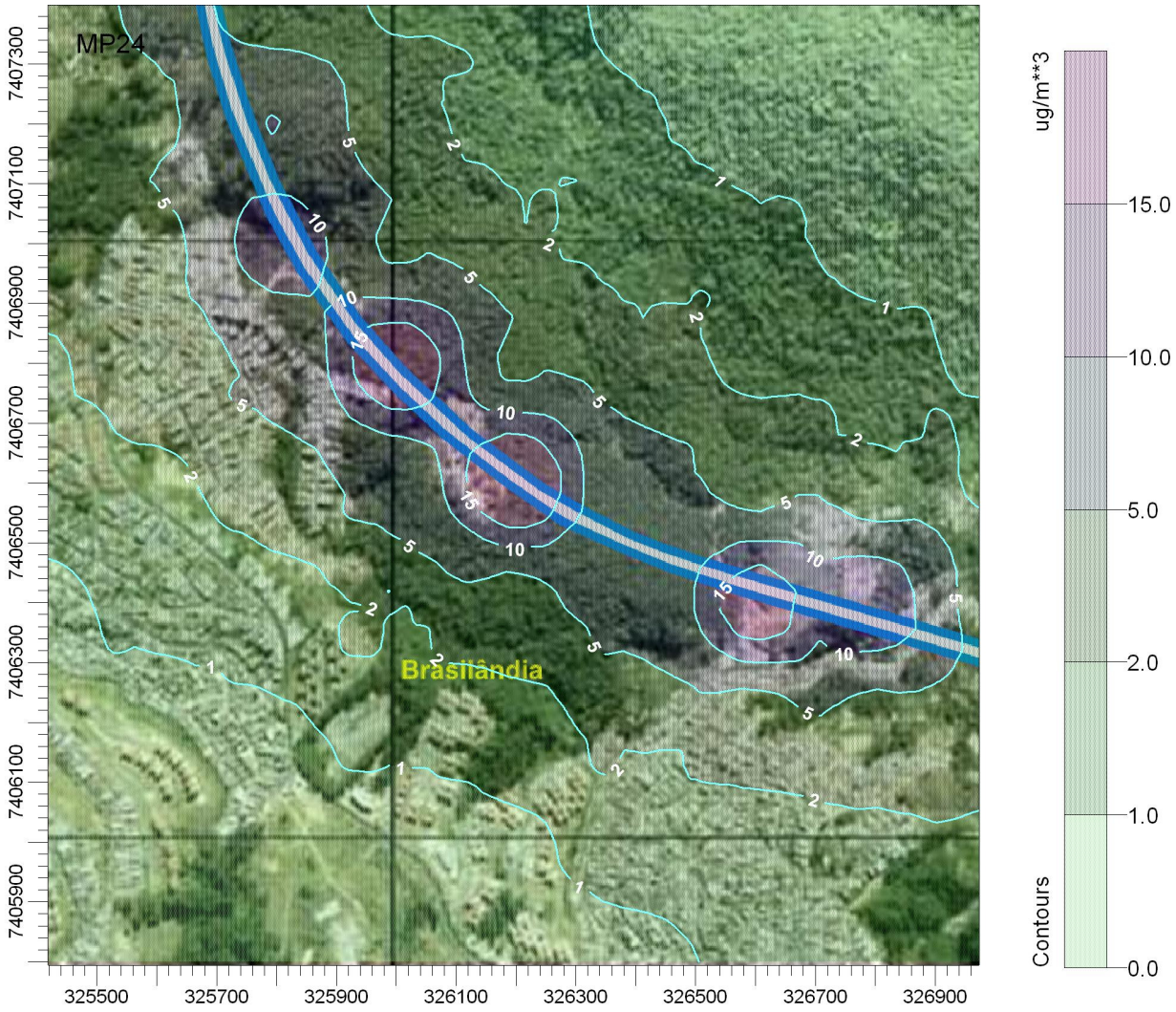


Trecho 02, Cenário 2.024: Concentração de NO_2 (ppm), Período – 1 hora

Poluente: NO_2
Período: 1 hora
Padrão Primário: 320 µg/m³ (0,17 ppm)

Trecho 02, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de NO_2 (ppm), Período – 1 hora

Poluente: NO_2
Período: 1 hora
Padrão Primário: 320 µg/m³ (0,17 ppm)

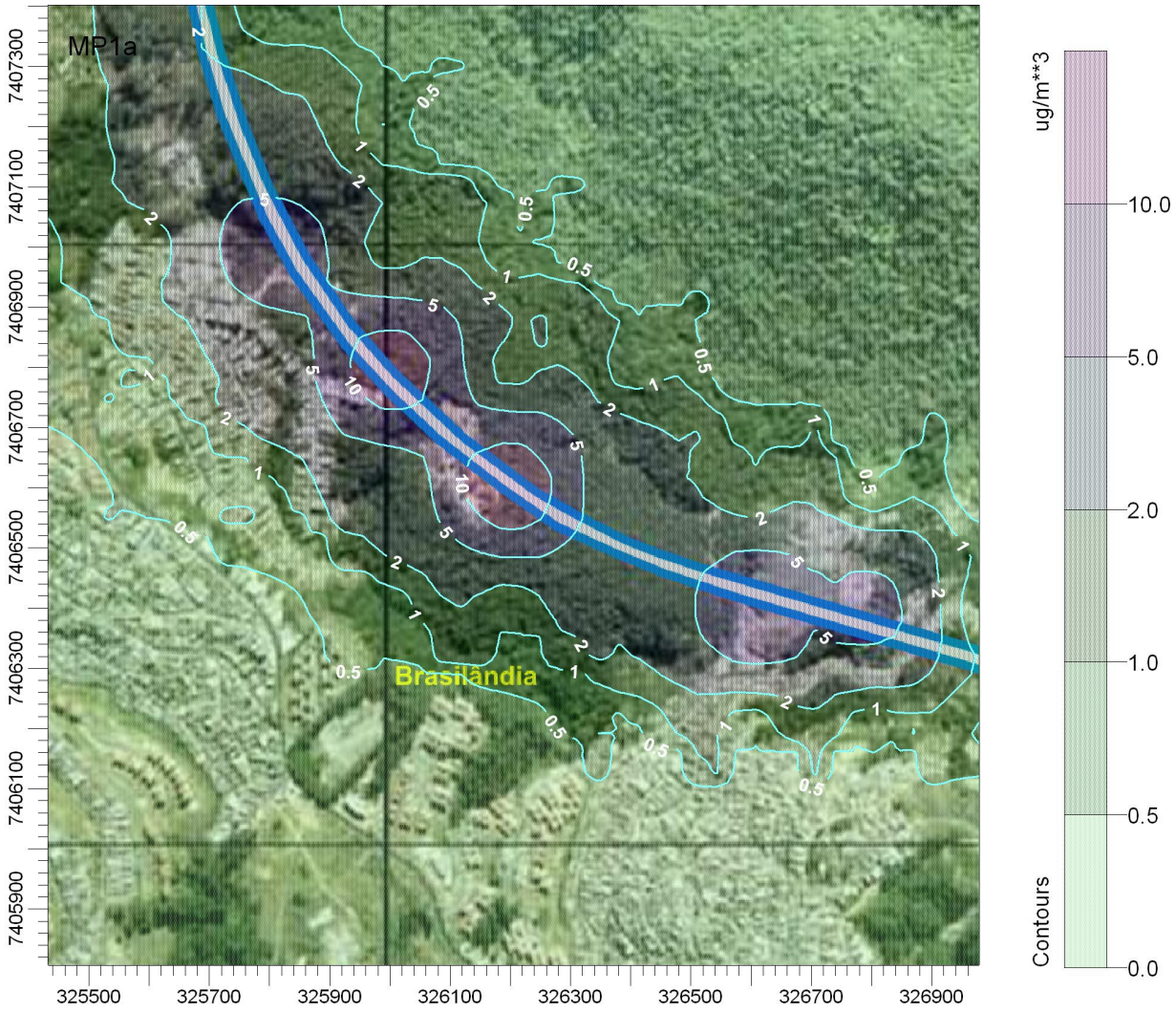


Trecho 02, Cenário 2.024: Concentração de MP (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: PI
Período: 24 horas
Padrão Primário: 150 µg/m³

Trecho 02, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de MP (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: PI
Período: 24 horas
Padrão Primário: 150 µg/m³

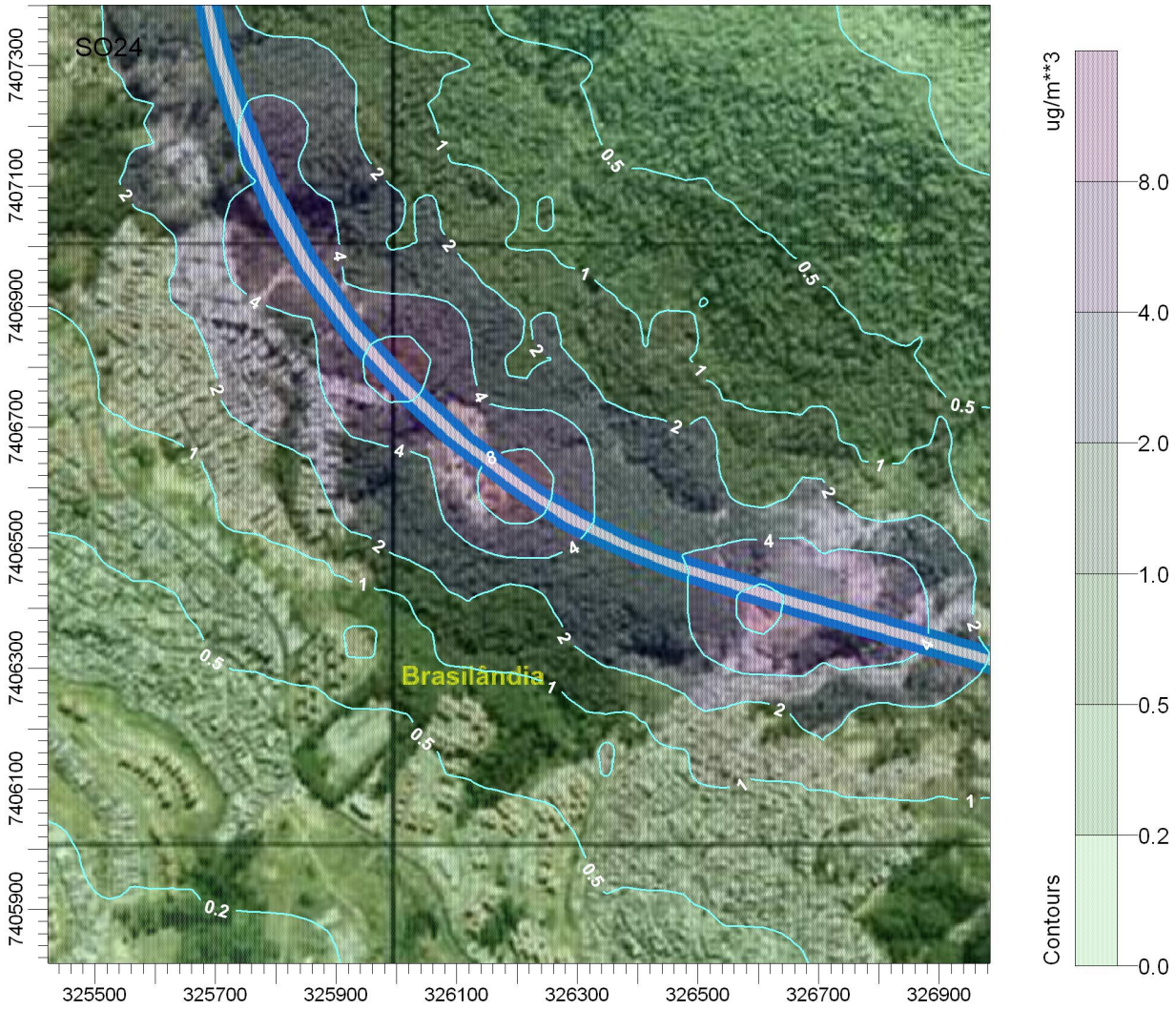


Trecho 02, Cenário 2.024: Concentração de MP (µg/m³), Período – Anual

Poluente: PI
Período: Anual
Padrão Primário: 50 µg/m³

Trecho 02, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de MP (µg/m³), Período – Anual

Poluente: PI
Período: Anual
Padrão Primário: 50 µg/m³

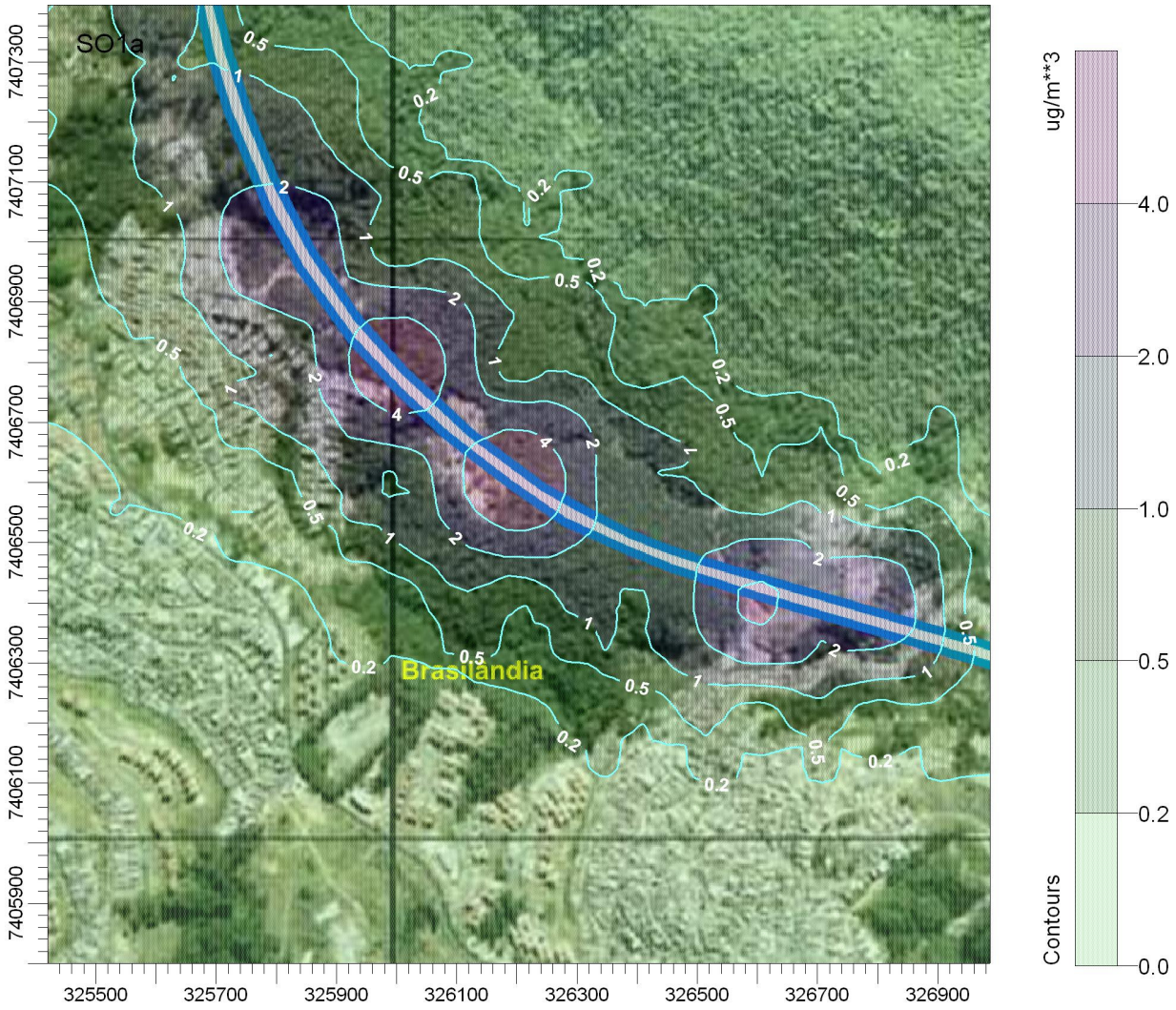


Trecho 02, Cenário 2.024: Concentração de SO_2 (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: SO_2
Período: 24 horas
Padrão Primário: 365 µg/m³
Padrão Secundário: 100 µg/m³

Trecho 02, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de SO_2 (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: SO_2
Período: 24 horas
Padrão Primário: 365 µg/m³
Padrão Secundário: 100 µg/m³

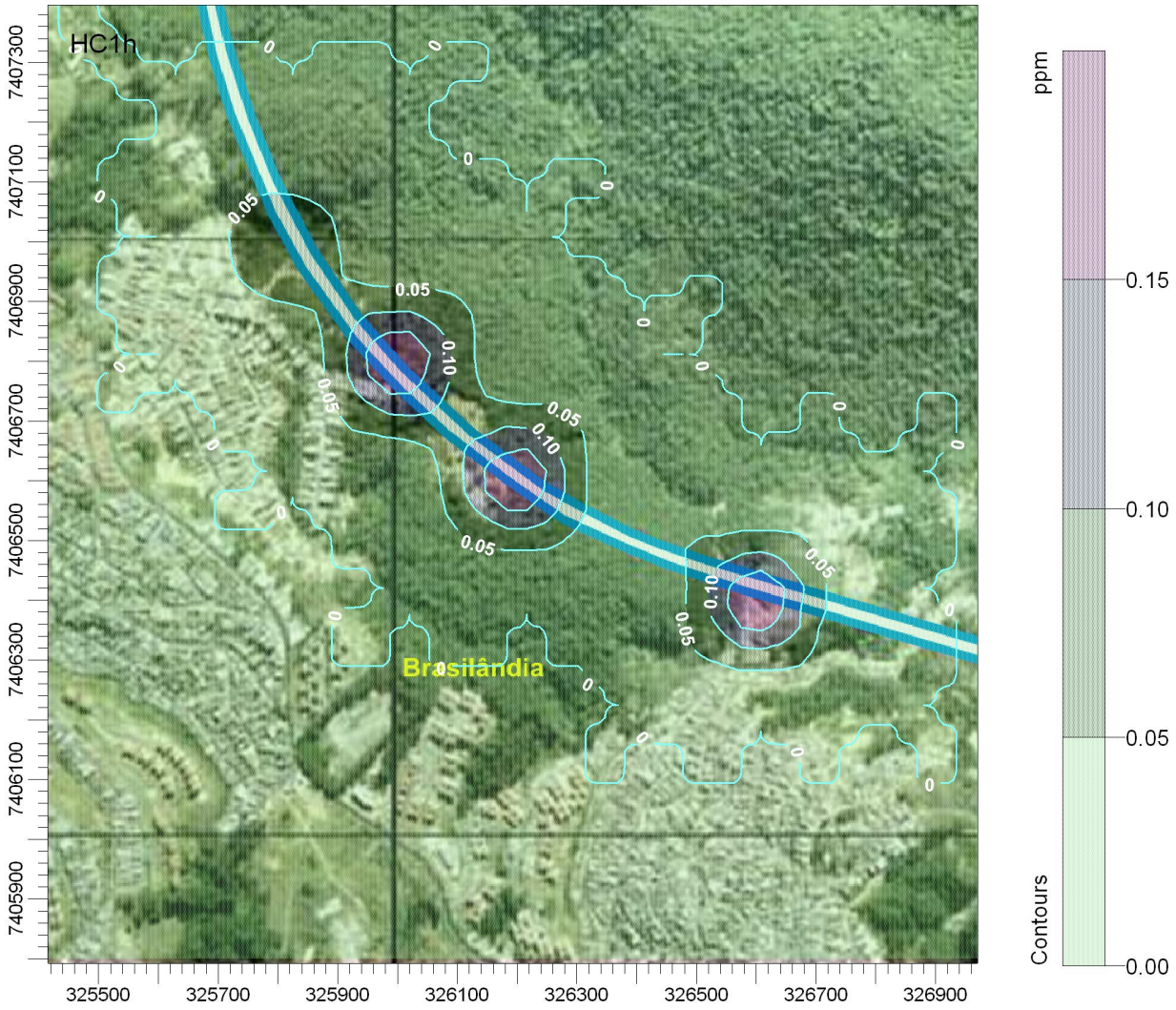


Trecho 02, Cenário 2.024: Concentração de SO_2 (µg/m³), Período – Anual

Poluente: SO_2
Período: Anual
Padrão Primário: 80 µg/m³
Padrão Secundário: 40 µg/m³

Trecho 02, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de SO_2 (µg/m³), Período – Anual

Poluente: SO_2
Período: Anual
Padrão Primário: 80 µg/m³
Padrão Secundário: 40 µg/m³

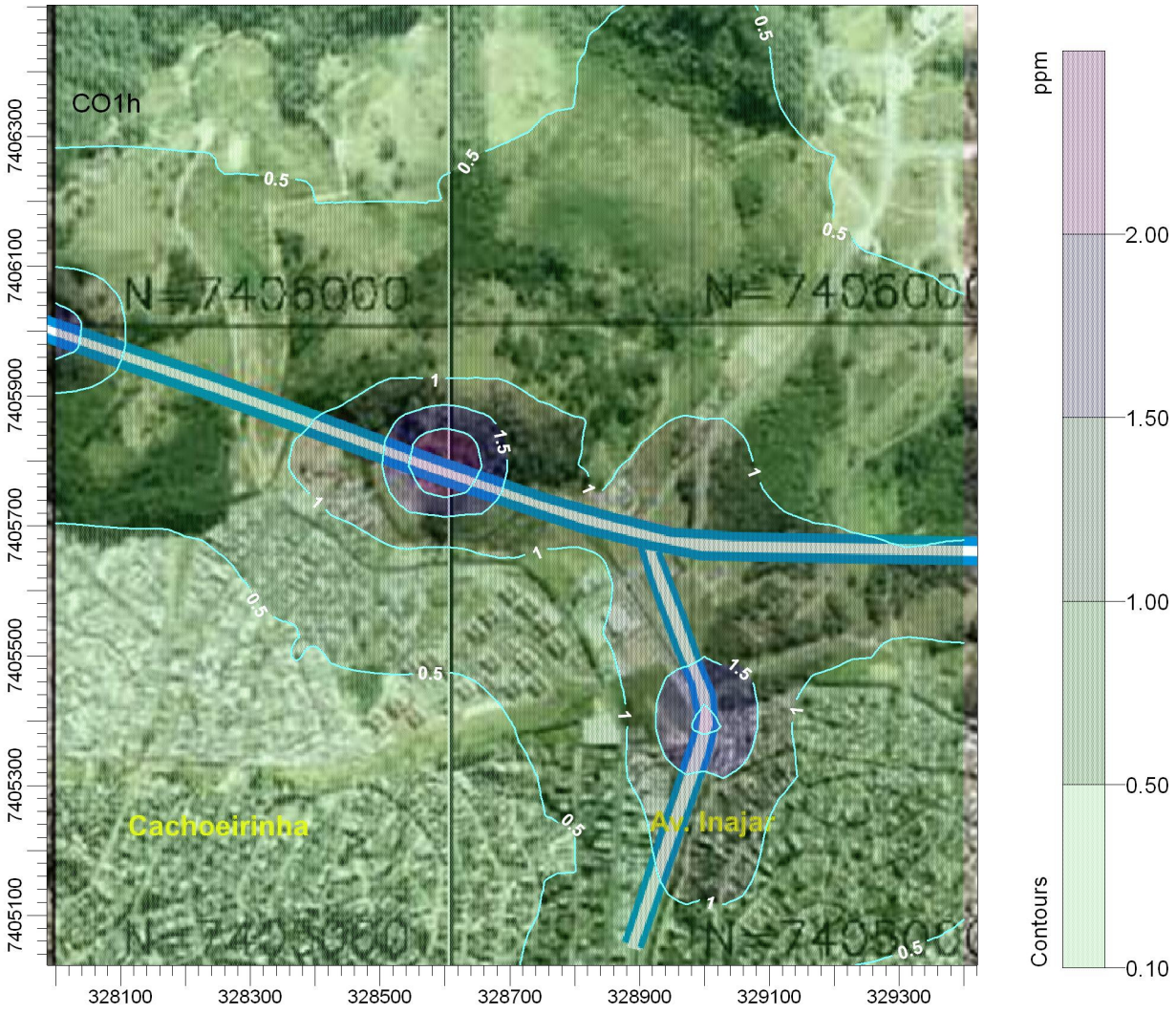


Trecho 02, Cenário 2.024: Concentração de HC (ppm), Período – 1 hora

Poluente: HC (como Hexano)
Período: 1 hora
Padrão Primário: -

Trecho 02, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de HC (ppm), Período – 1 hora

Poluente: HC (como Hexano)
Período: 1 hora
Padrão Primário: -

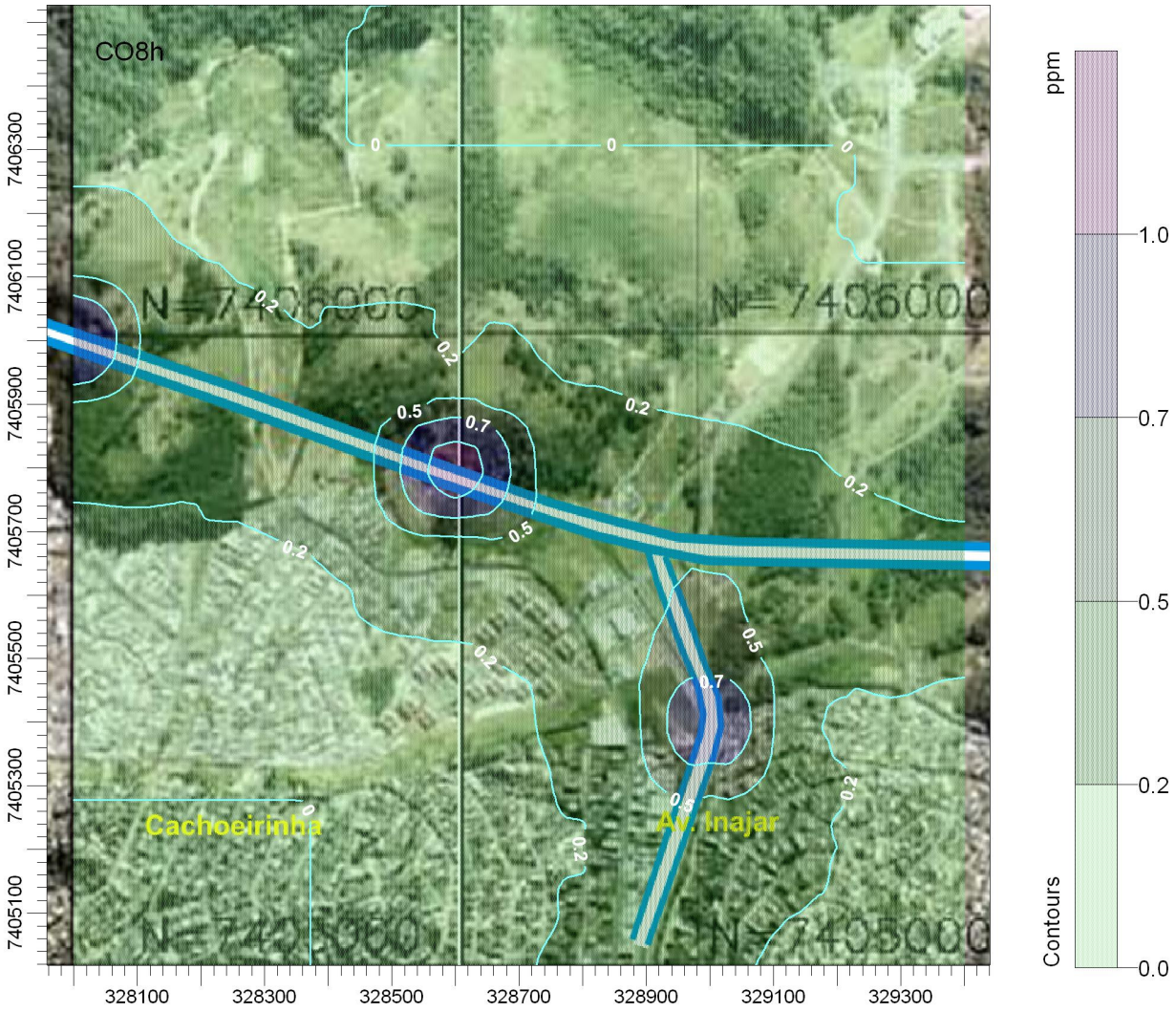


Trecho 03, Cenário 2.024: Concentração de CO (ppm), Período – 1 hora

Poluente: CO
Período: 1 hora
Padrão Primário: 40.000 µg/m³ (34,9 ppm)

Trecho 03, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de CO (ppm), Período – 1 hora

Poluente: CO
Período: 1 hora
Padrão Primário: 40.000 µg/m³ (34,9 ppm)

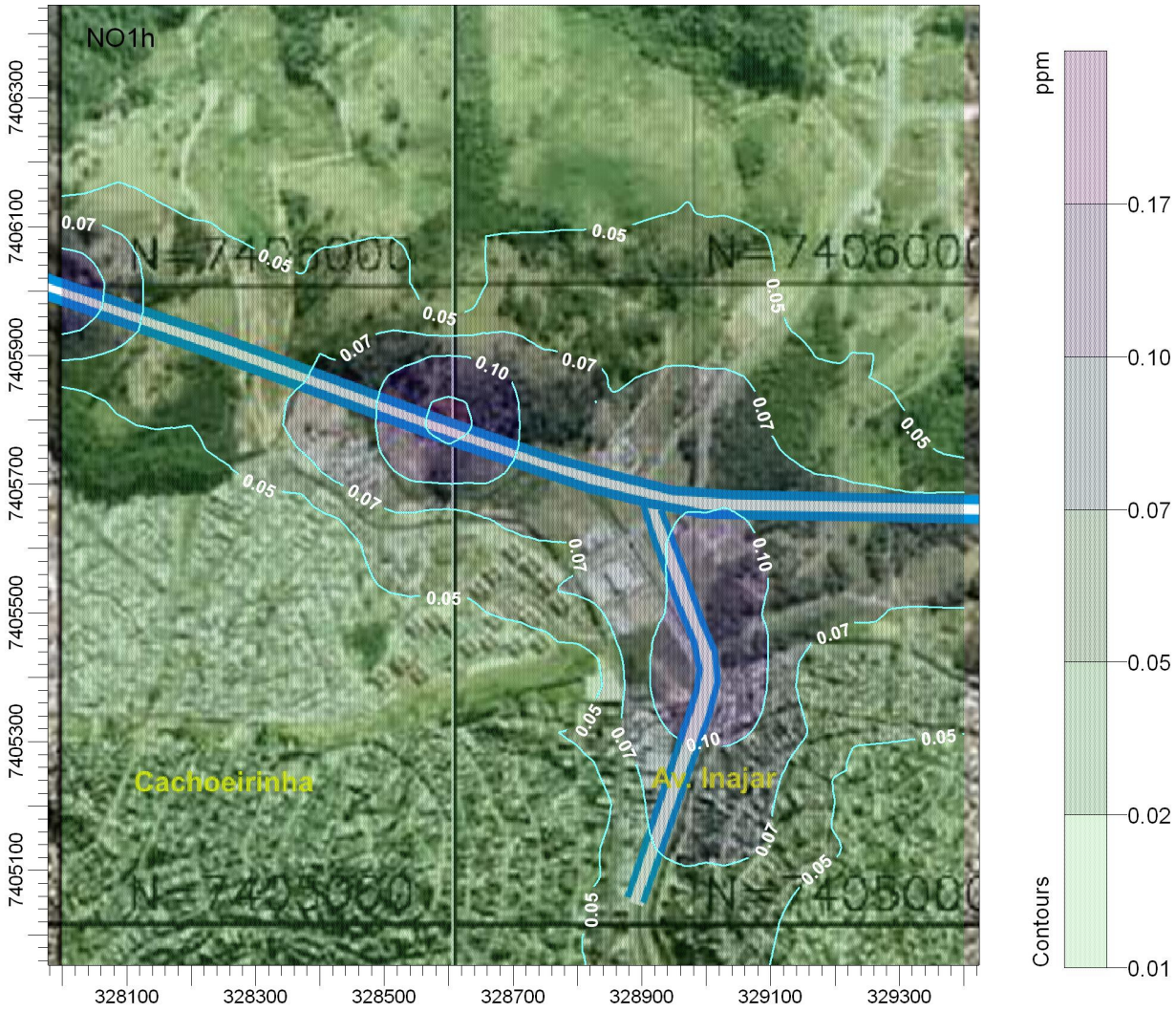


Trecho 03, Cenário 2.024: Concentração de CO (ppm), Período – 8 horas

Poluente: CO
Período: 8 horas
Padrão Primário: 10.000 µg/m³ (8,7 ppm)

Trecho 03, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de CO (ppm), Período – 8 horas

Poluente: CO
Período: 8 horas
Padrão Primário: 10.000 µg/m³ (8,7 ppm)

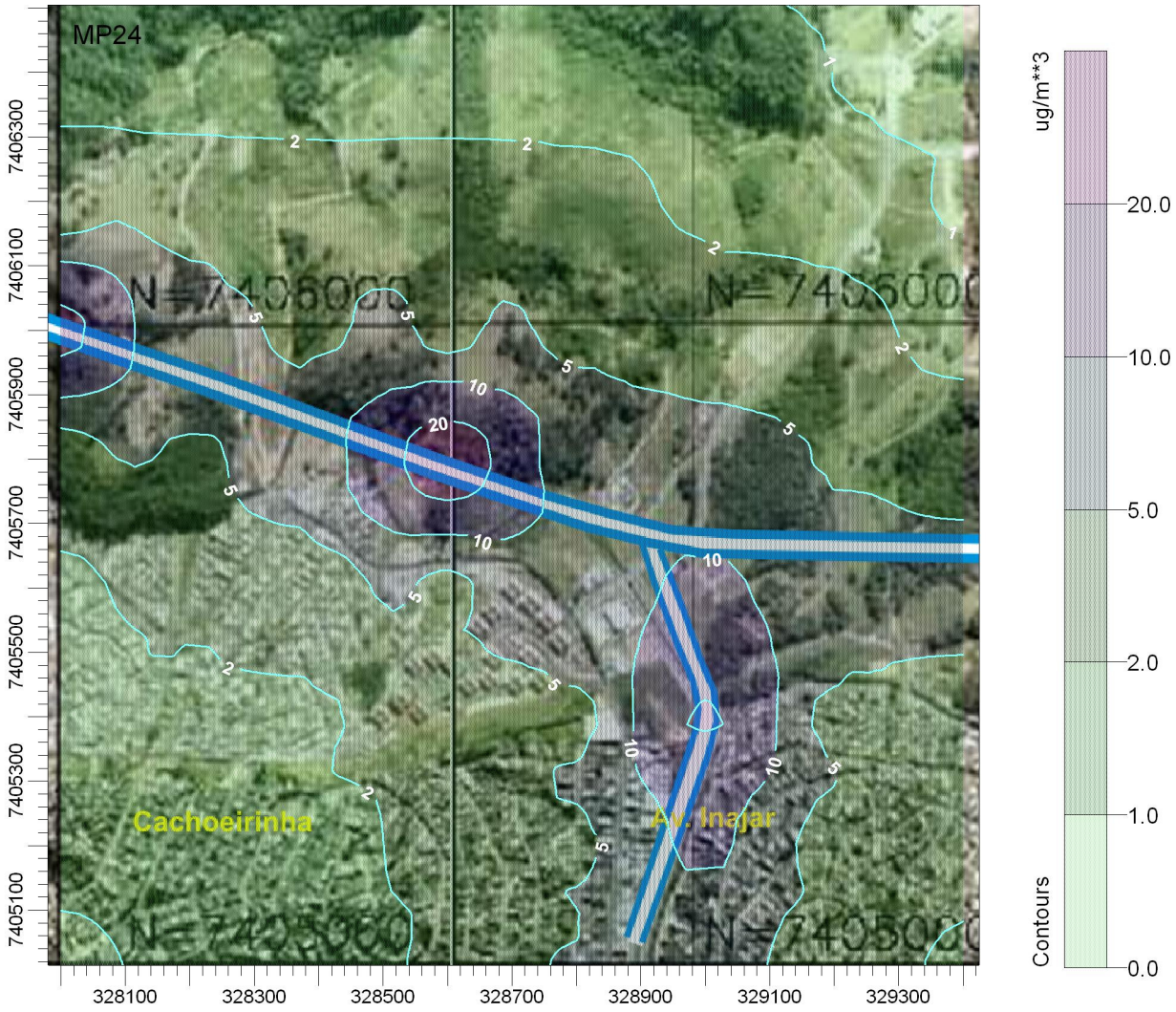


Trecho 03, Cenário 2.024: Concentração de NO_2 (ppm), Período – 1 hora

Poluente: NO_2
Período: 1 hora
Padrão Primário: 320 µg/m³ (0,17 ppm)

Trecho 03, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de NO_2 (ppm), Período – 1 hora

Poluente: NO_2
Período: 1 hora
Padrão Primário: 320 µg/m³ (0,17 ppm)

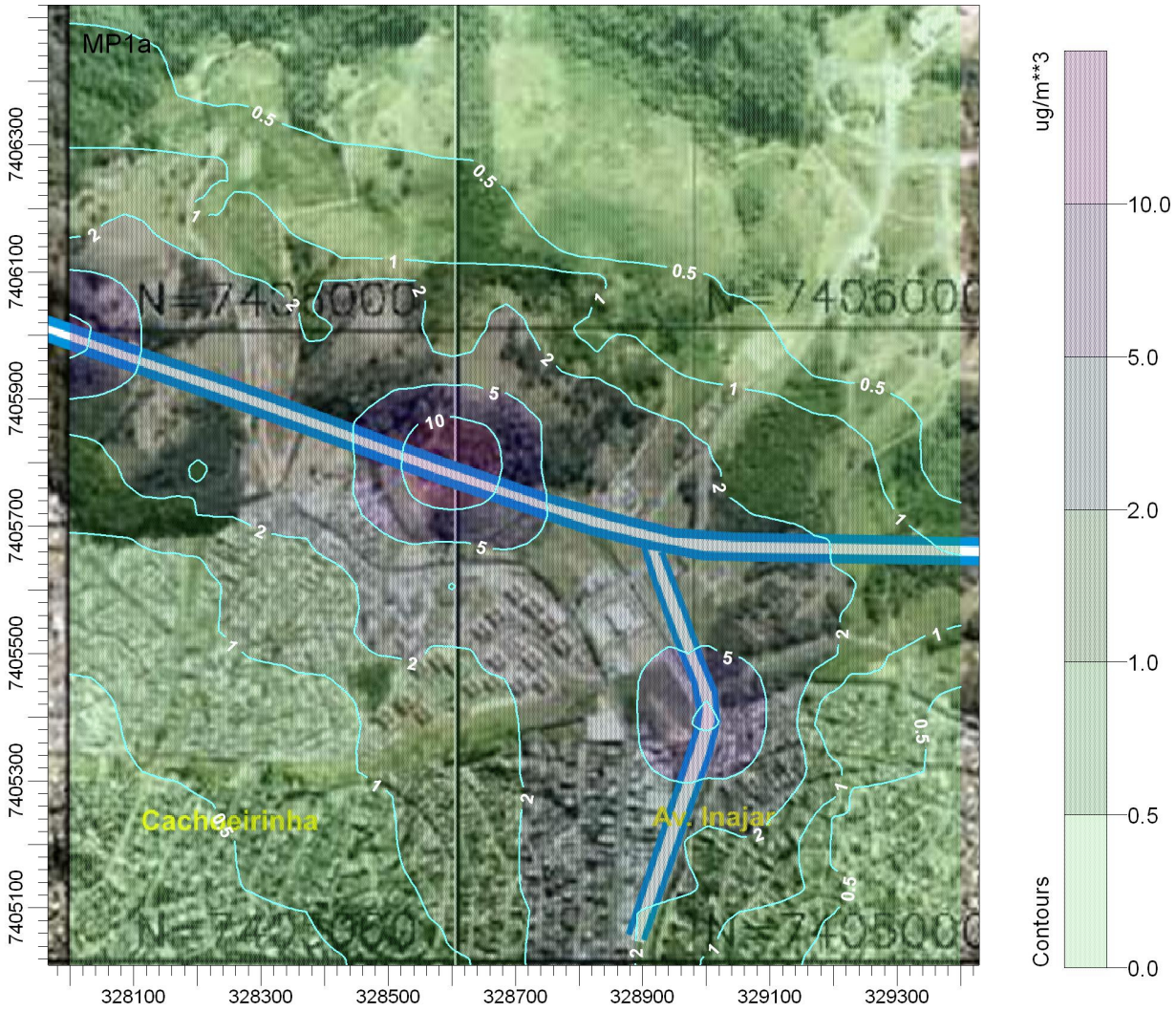


Trecho 03, Cenário 2.024: Concentração de MP (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: PI
Período: 24 horas
Padrão Primário: 150 µg/m³

Trecho 03, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de MP (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: PI
Período: 24 horas
Padrão Primário: 150 µg/m³

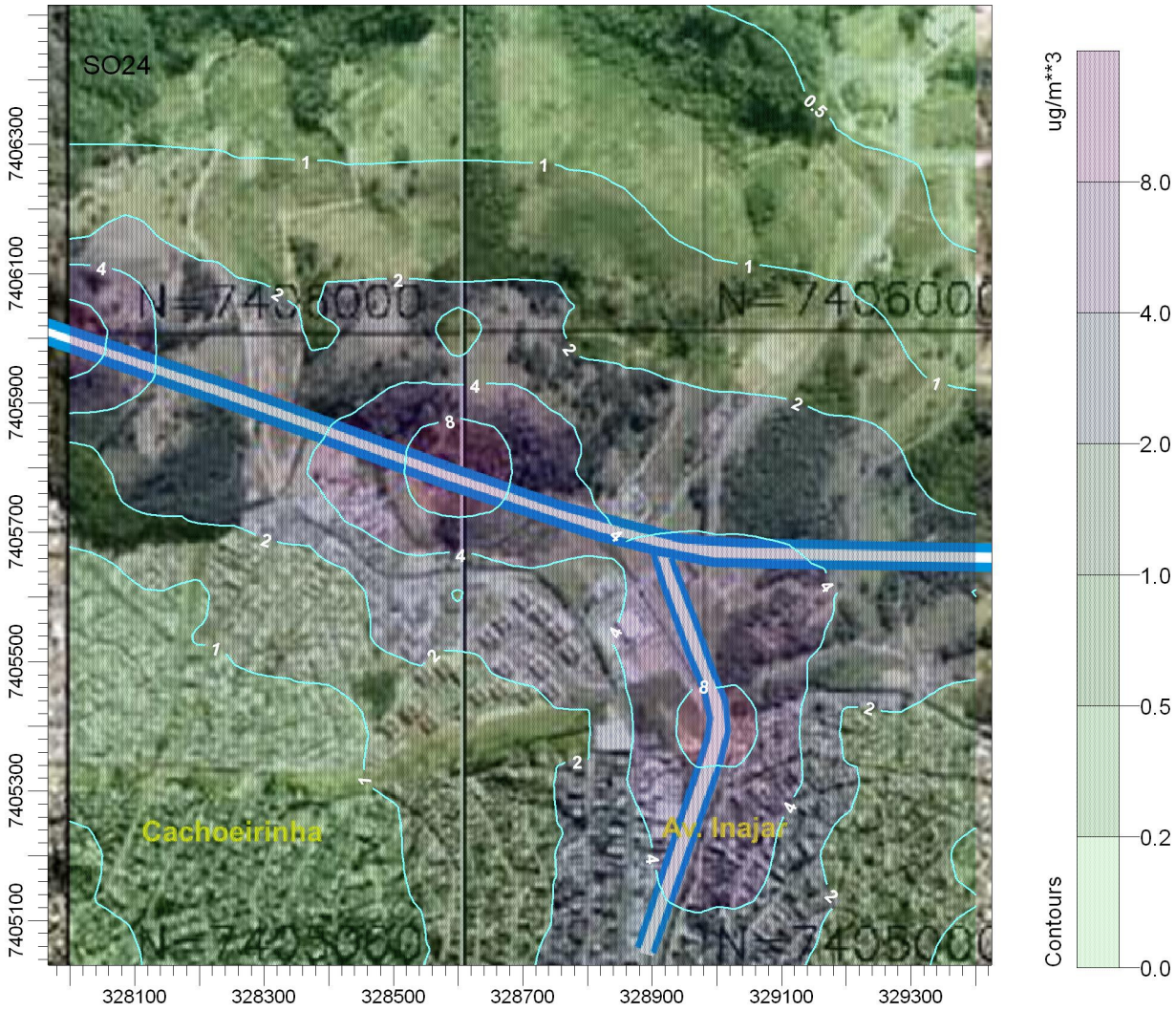


Trecho 03, Cenário 2.024: Concentração de MP (µg/m³), Período – Anual

Poluente: PI
Período: Anual
Padrão Primário: 50 µg/m³

Trecho 03, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de MP (µg/m³), Período – Anual

Poluente: PI
Período: Anual
Padrão Primário: 50 µg/m³

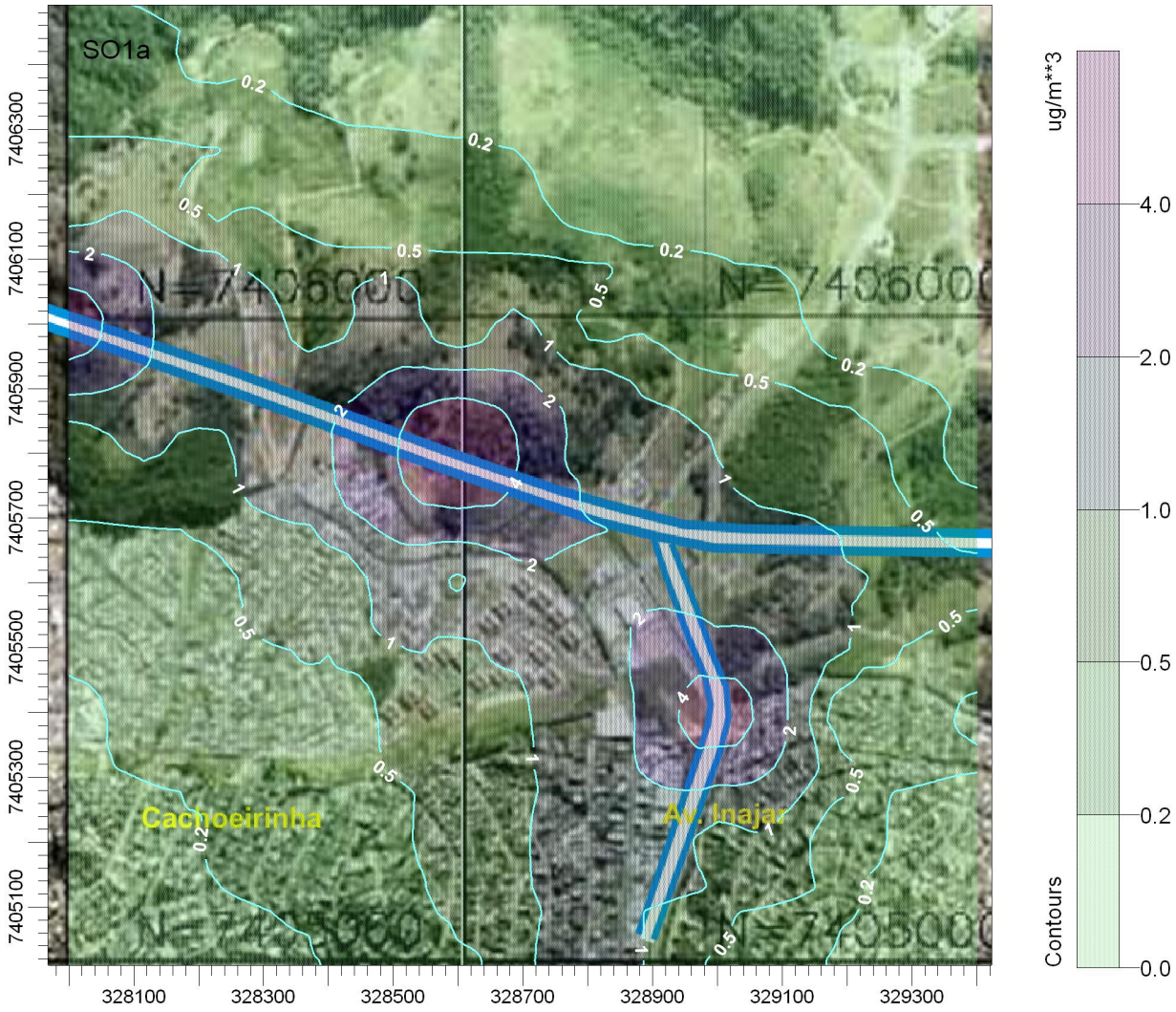


Trecho 03, Cenário 2.024: Concentração de SO_2 (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: SO_2
Período: 24 horas
Padrão Primário: 365 µg/m³
Padrão Secundário: 100 µg/m³

Trecho 03, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de SO_2 (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: SO_2
Período: 24 horas
Padrão Primário: 365 µg/m³
Padrão Secundário: 100 µg/m³

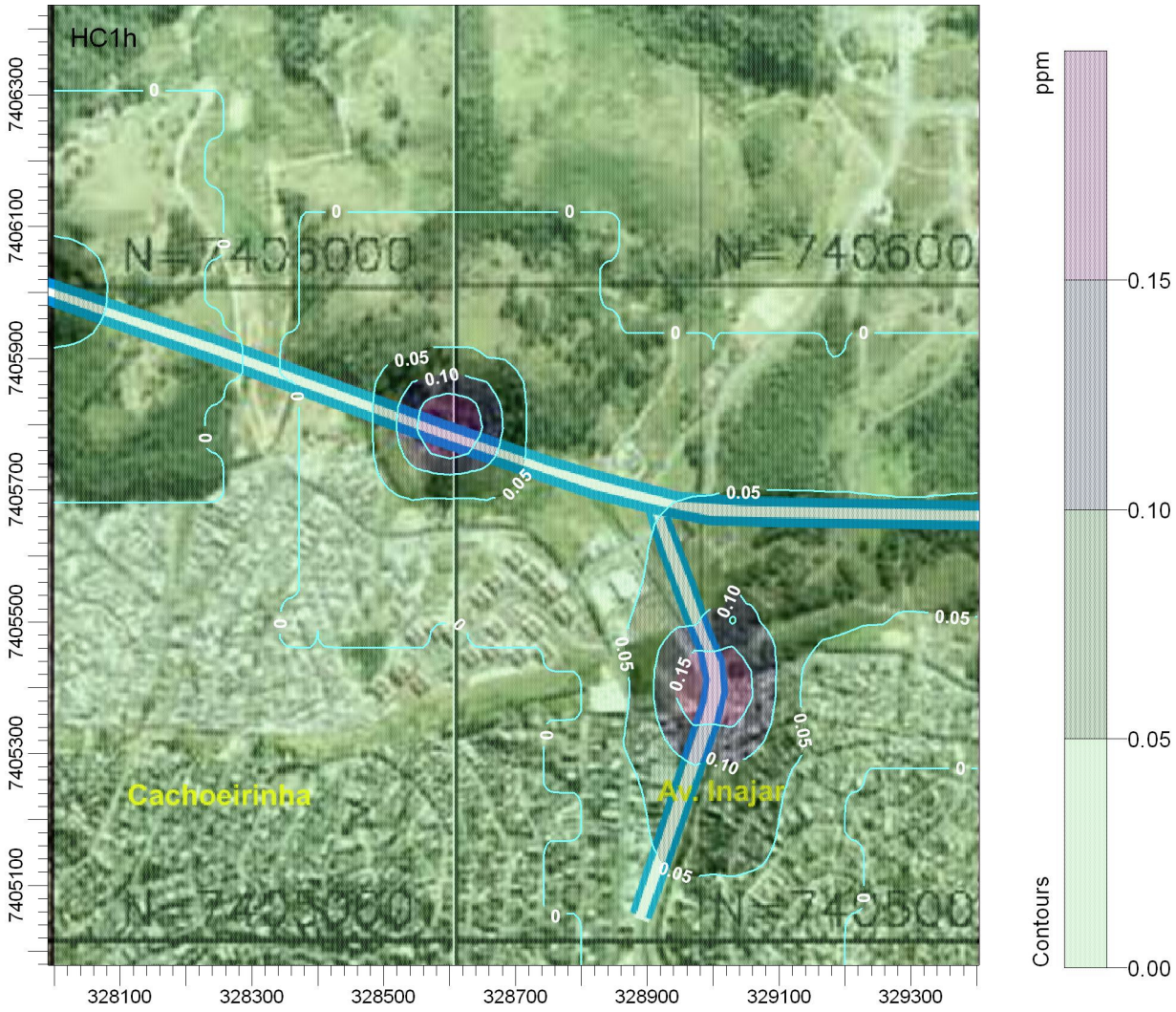


Trecho 03, Cenário 2.024: Concentração de SO_2 (µg/m³), Período – Anual

Poluente: SO_2
Período: Anual
Padrão Primário: 80 µg/m³
Padrão Secundário: 40 µg/m³

Trecho 03, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de SO_2 (µg/m³), Período – Anual

Poluente: SO_2
Período: Anual
Padrão Primário: 80 µg/m³
Padrão Secundário: 40 µg/m³

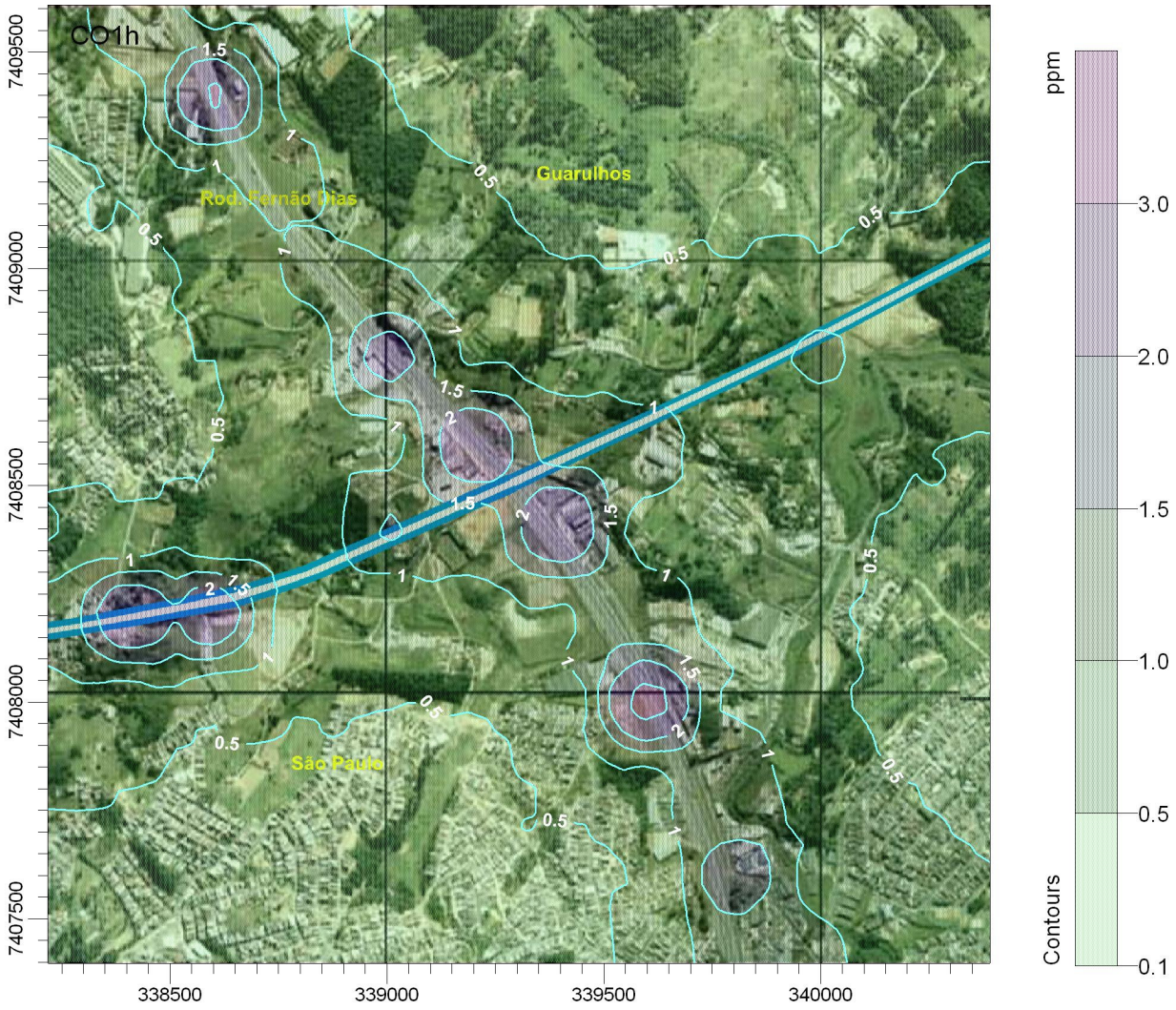


Trecho 03, Cenário 2.024: Concentração De HC (ppm), Período – 1 hora

Poluente: HC (como Hexano)
Período: 1 hora
Padrão Primário: -

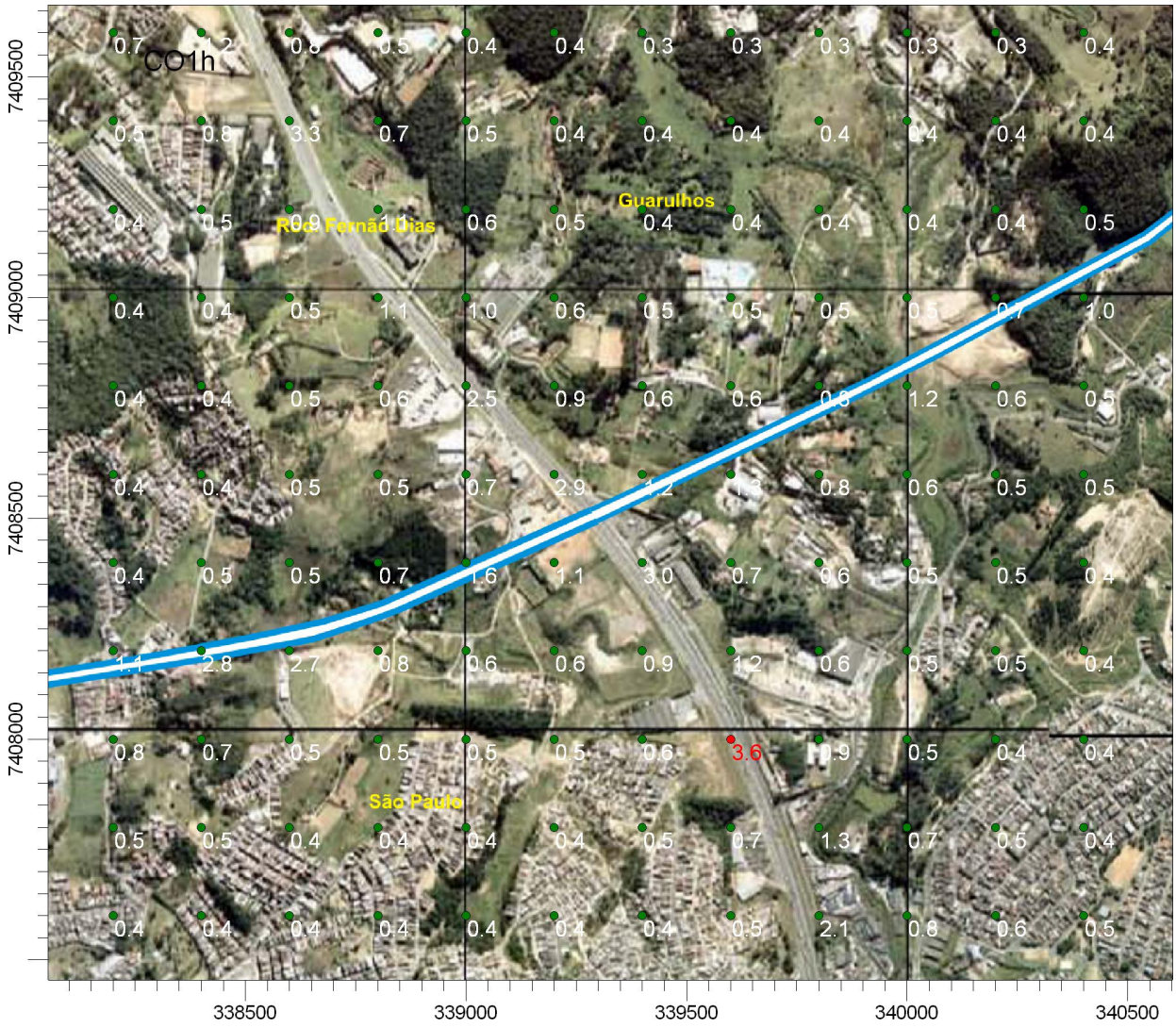
Trecho 03, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de HC (ppm), Período – 1 hora

Poluente: HC (como Hexano)
Período: 1 hora
Padrão Primário: -



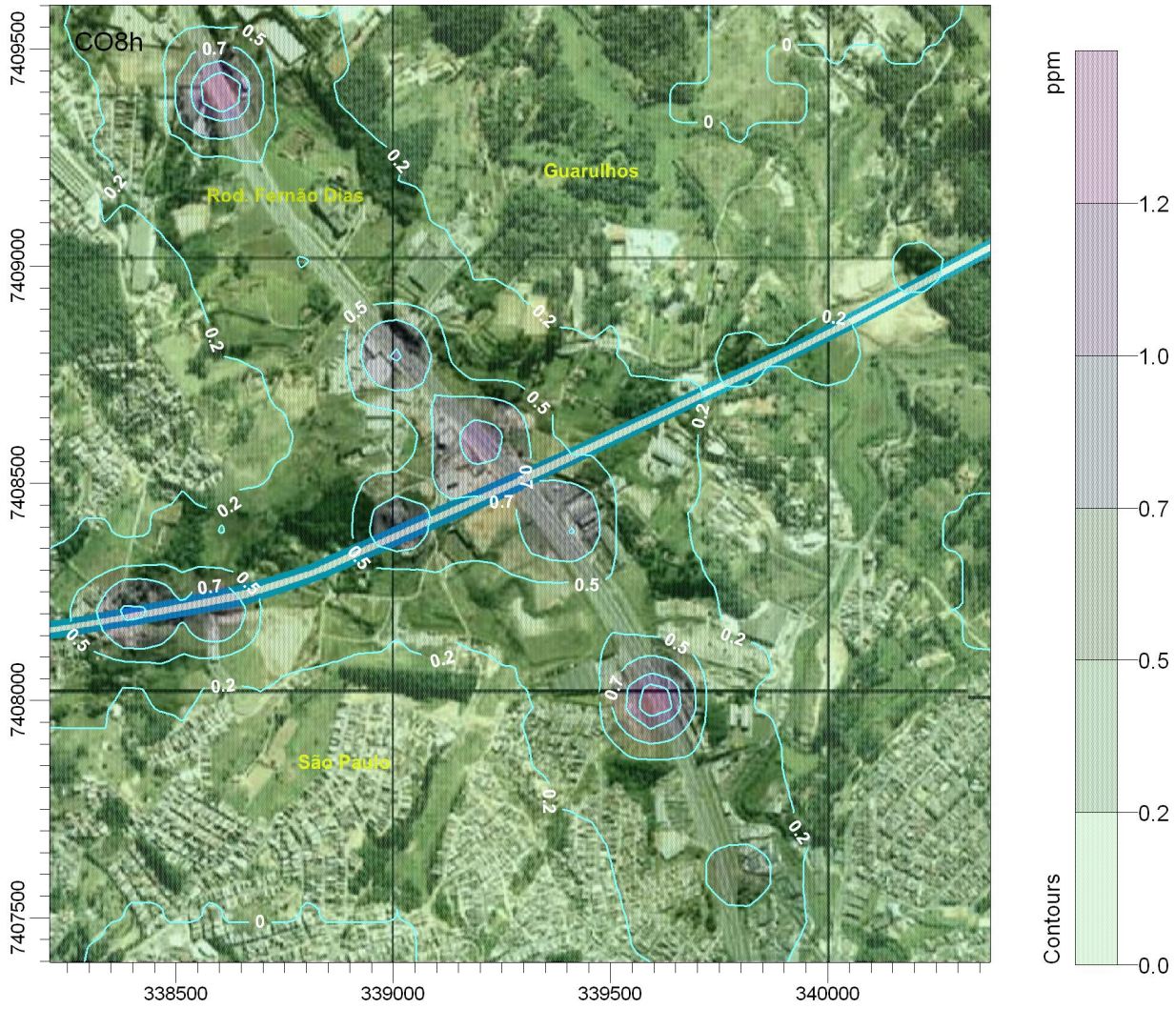
Trecho 04, Cenário 2.024: Concentração de CO (ppm), Período – 1 hora

Poluente: CO
Período: 1 hora
Padrão Primário: 40.000 µg/m³ (34,9 ppm)



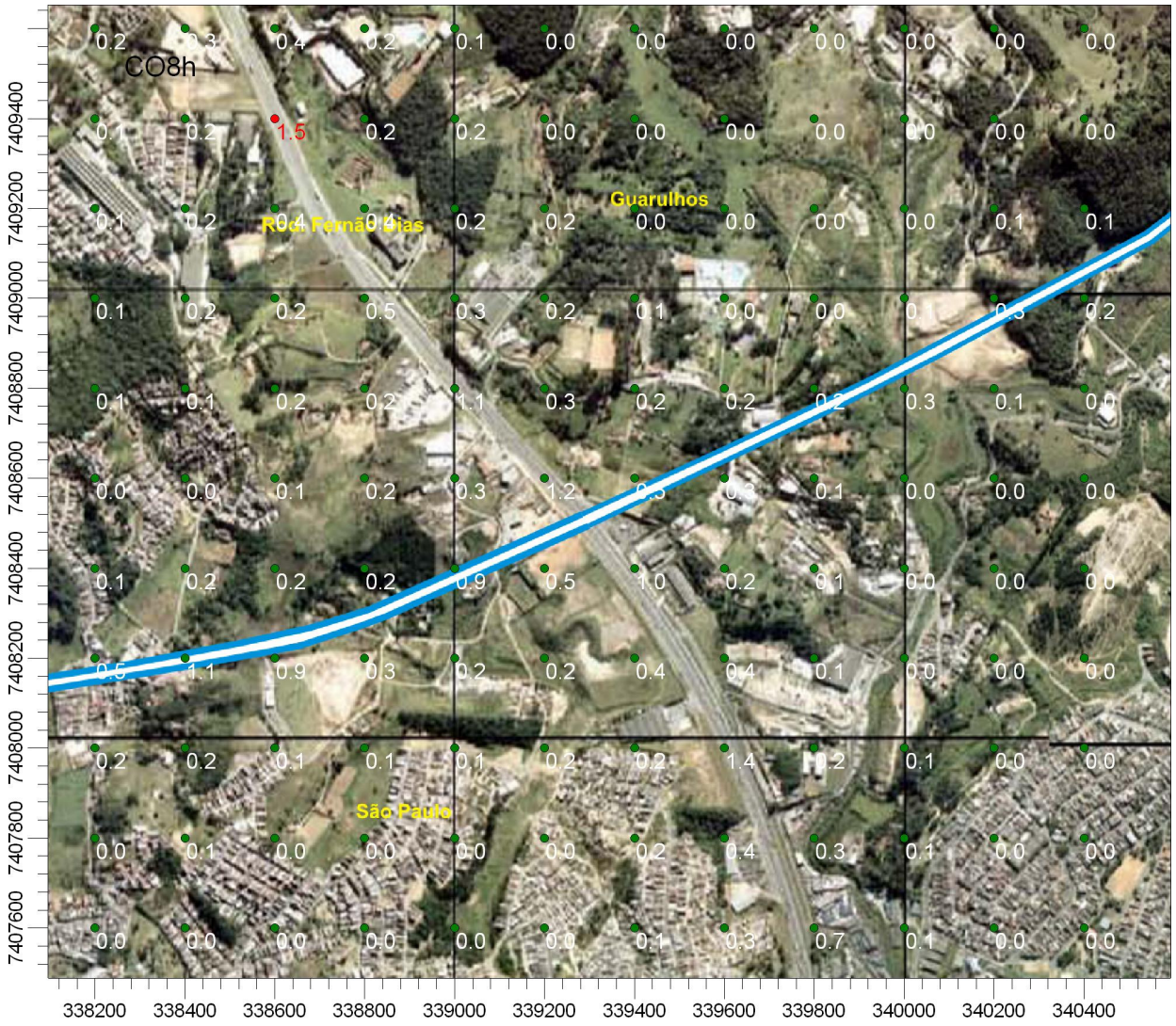
Trecho 04, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de CO (ppm), Período – 1 hora

Poluente: CO
Período: 1 hora
Padrão Primário: 40.000 µg/m³ (34,9 ppm)



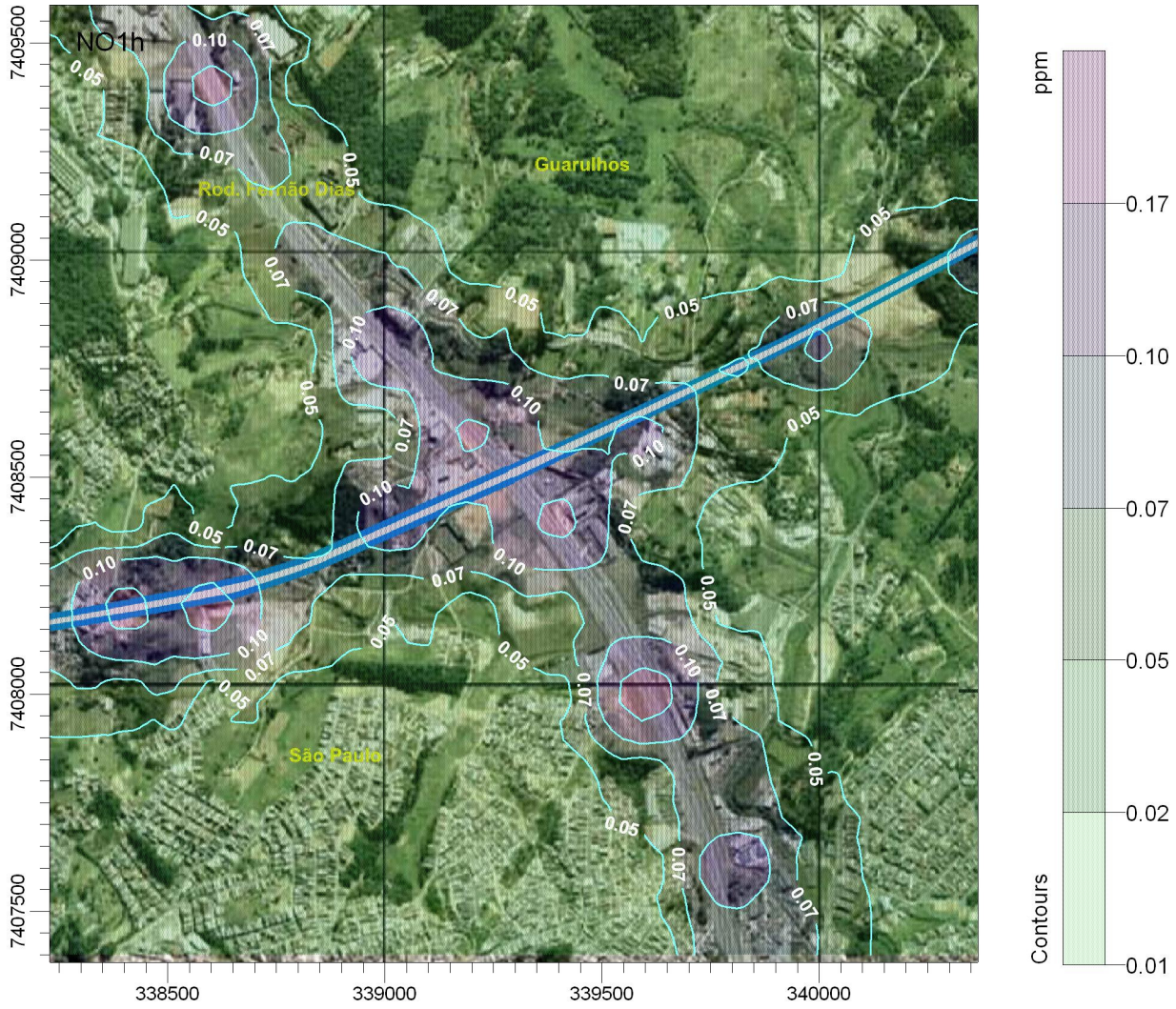
Trecho 04, Cenário 2.024: Concentração de CO (ppm), Período – 8 horas

Poluente: CO
Período: 8 horas
Padrão Primário: 10.000 µg/m³ (8,7 ppm)



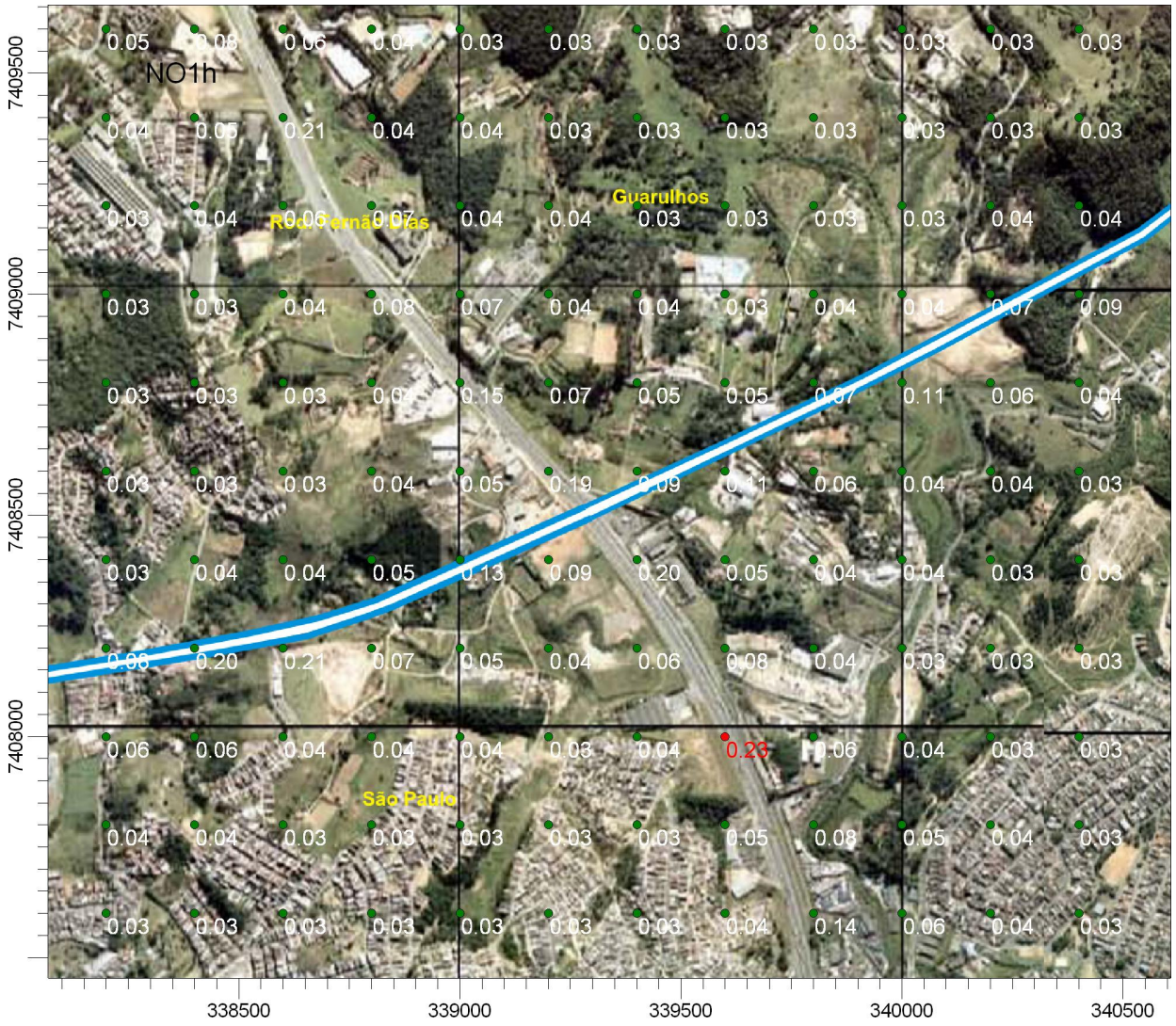
Trecho 04, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de CO (ppm), Período – 8 horas

Poluente: CO
Período: 8 horas
Padrão Primário: 10.000 µg/m³ (8,7 ppm)



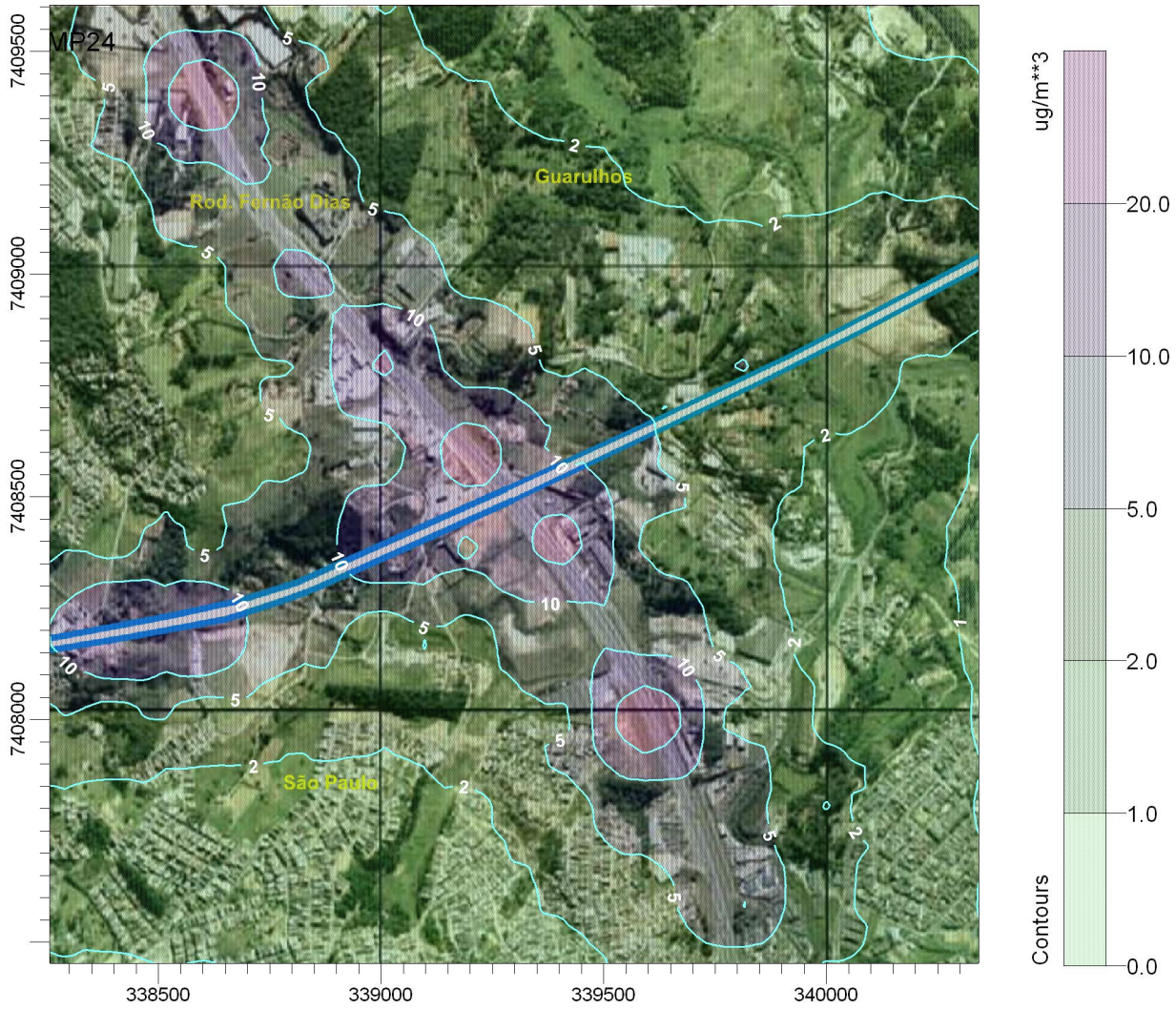
Trecho 04, Cenário 2.024: Concentração de NO_2 (ppm), Período – 1 hora

Poluente: NO_2
Período: 1 hora
Padrão Primário: 320 µg/m³ (0,17 ppm)



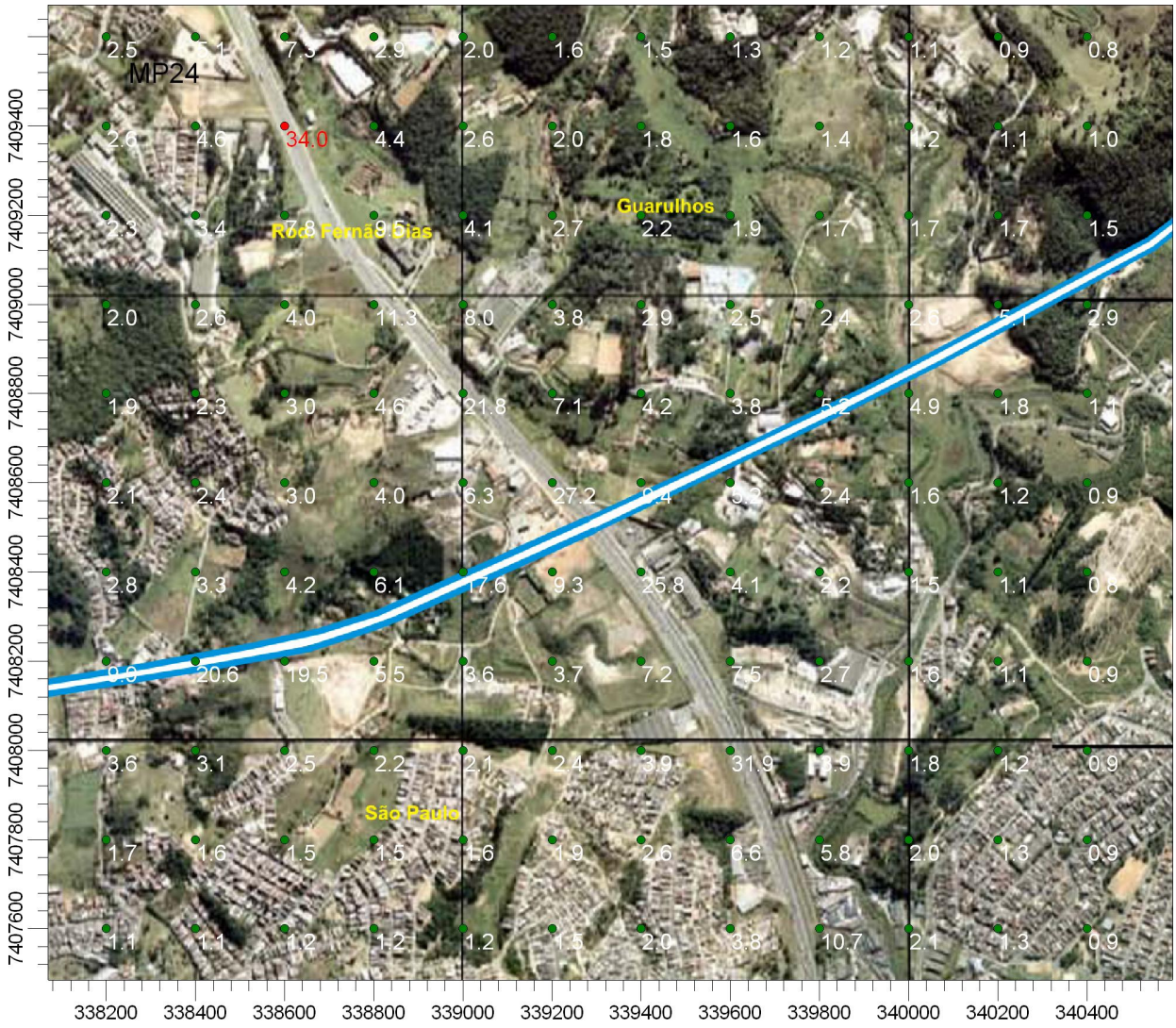
Trecho 04, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de NO_2 (ppm), Período – 1 hora

Poluente: NO_2
Período: 1 hora
Padrão Primário: 320 µg/m³ (0,17 ppm)



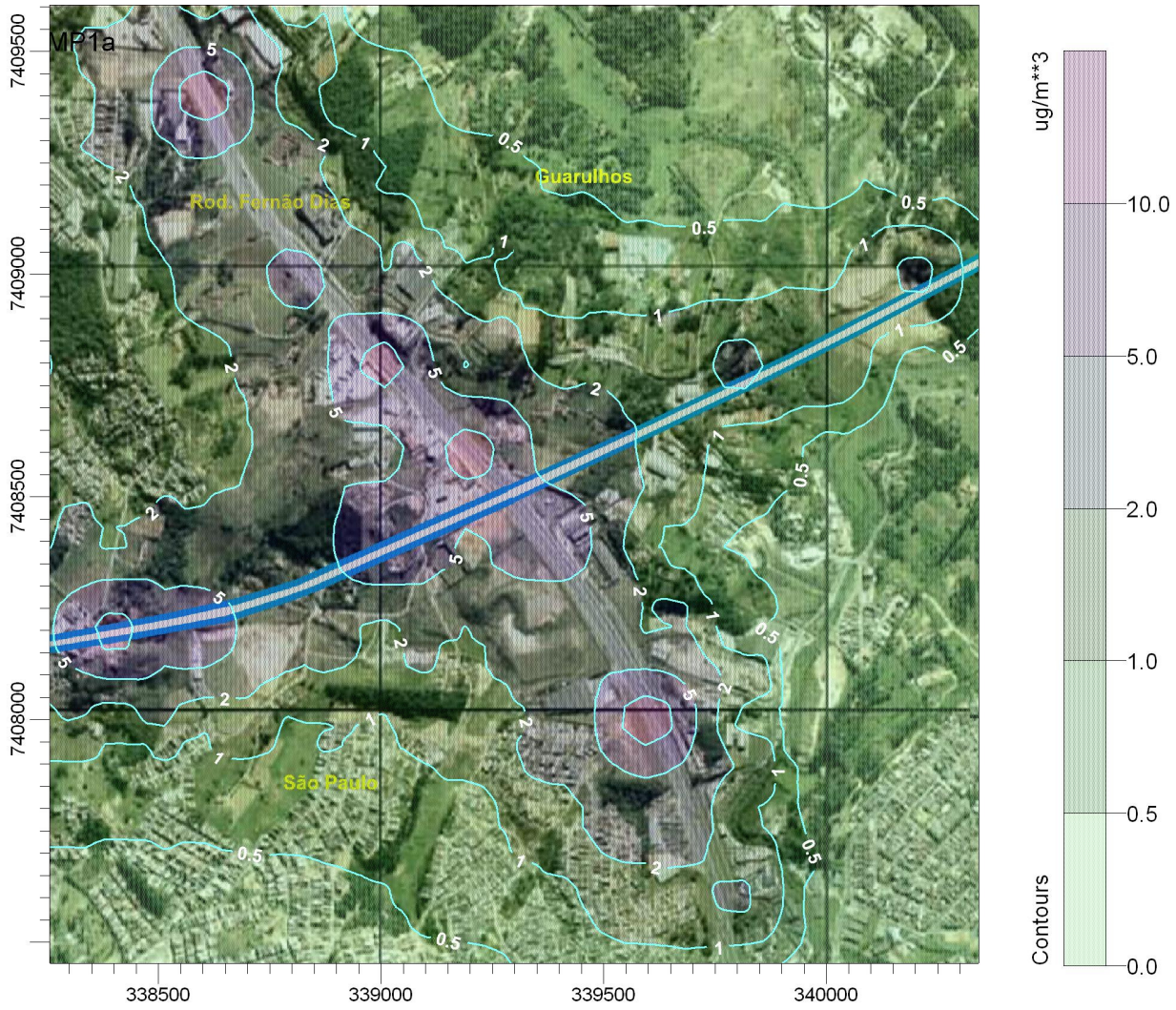
Trecho 04, Cenário 2.024: Concentração de MP (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: PI
Período: 24 horas
Padrão Primário: 150 µg/m³



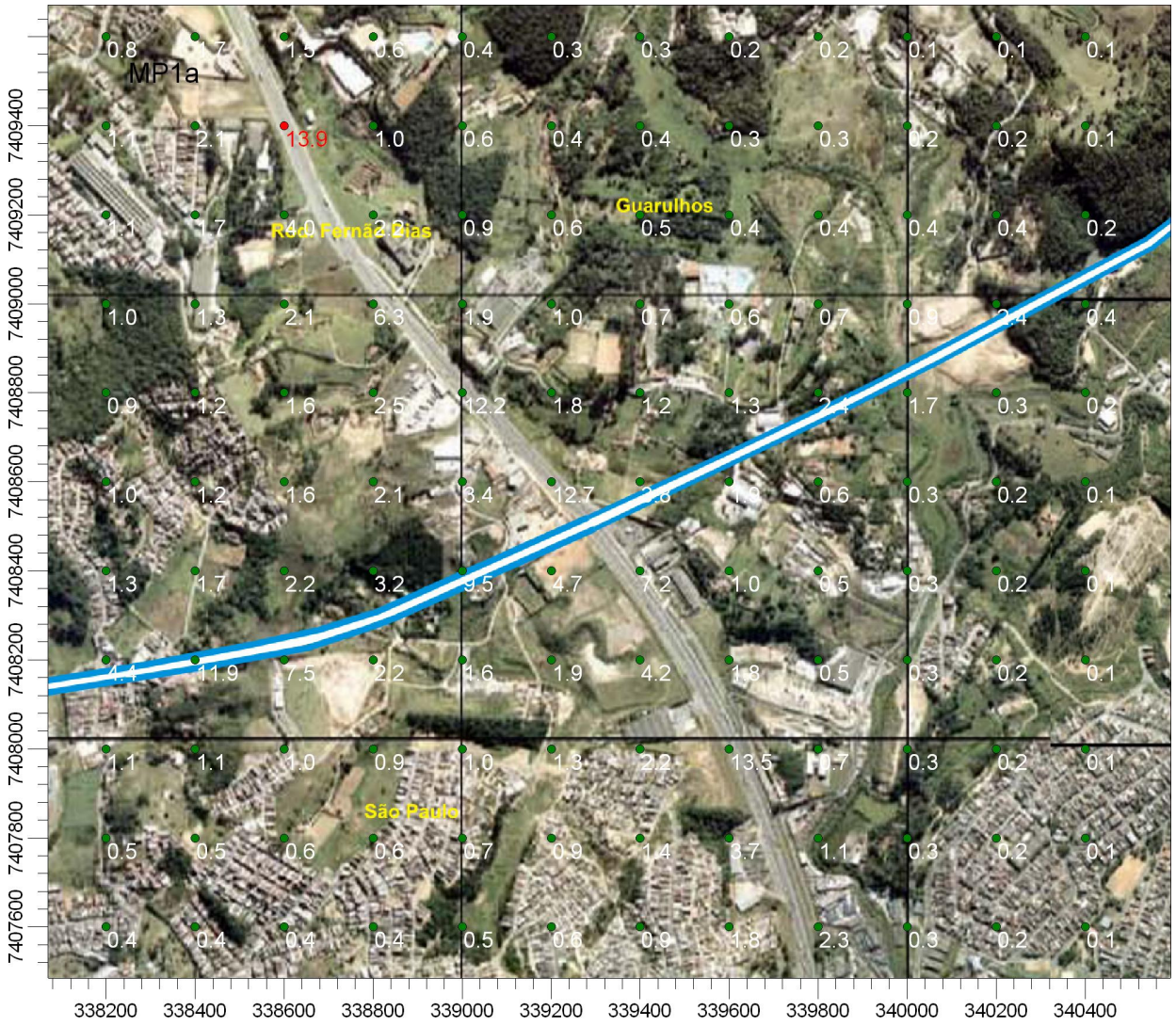
Trecho 04, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de MP (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: PI
Período: 24 horas
Padrão Primário: 150 µg/m³



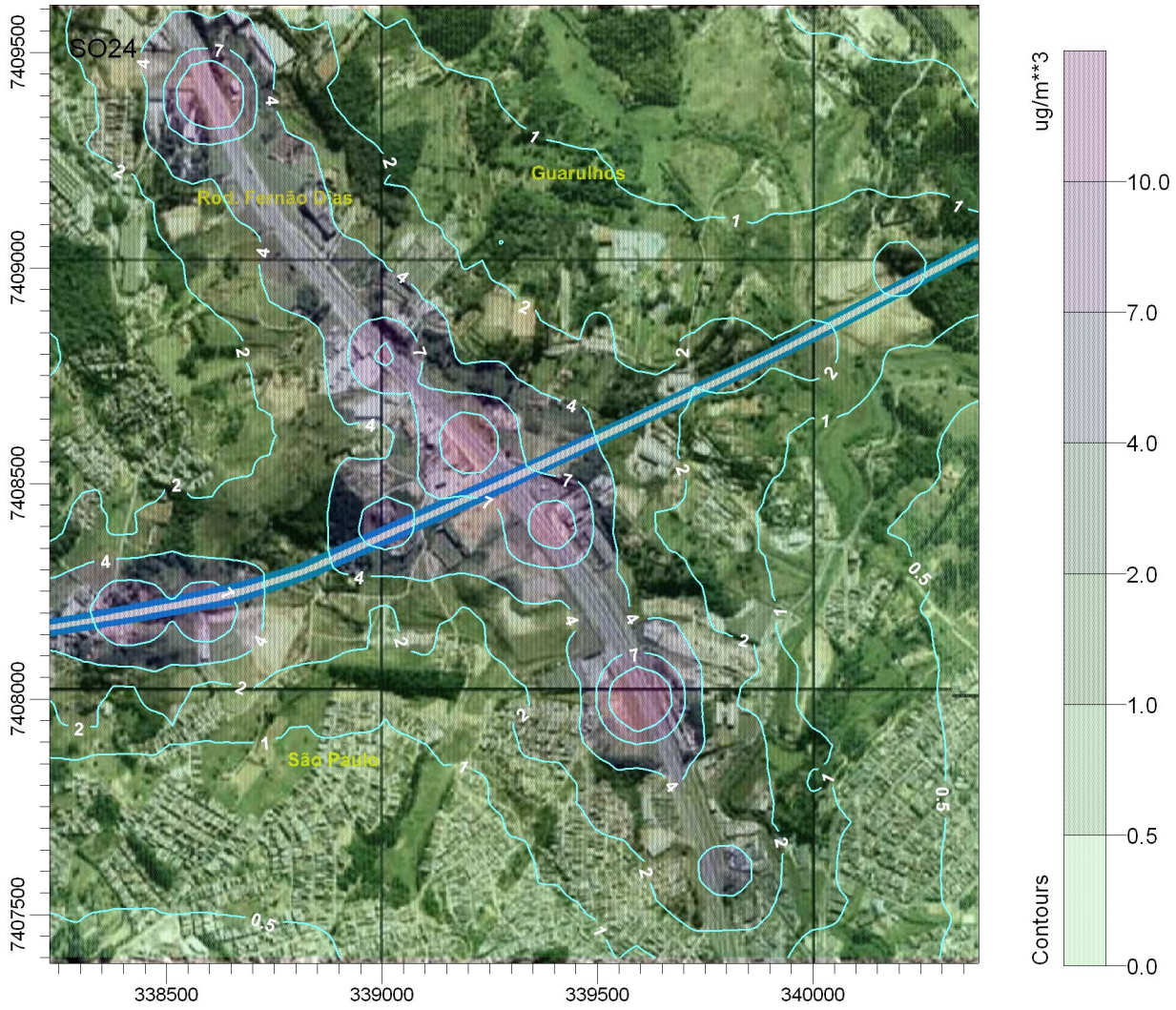
Trecho 04, Cenário 2.024: Concentração de MP (µg/m³), Período – Anual

Poluente: PI
Período: Anual
Padrão Primário: 50 µg/m³



Trecho 04, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de MP (µg/m³), Período – Anual

Poluente: PI
Período: Anual
Padrão Primário: 50 µg/m³

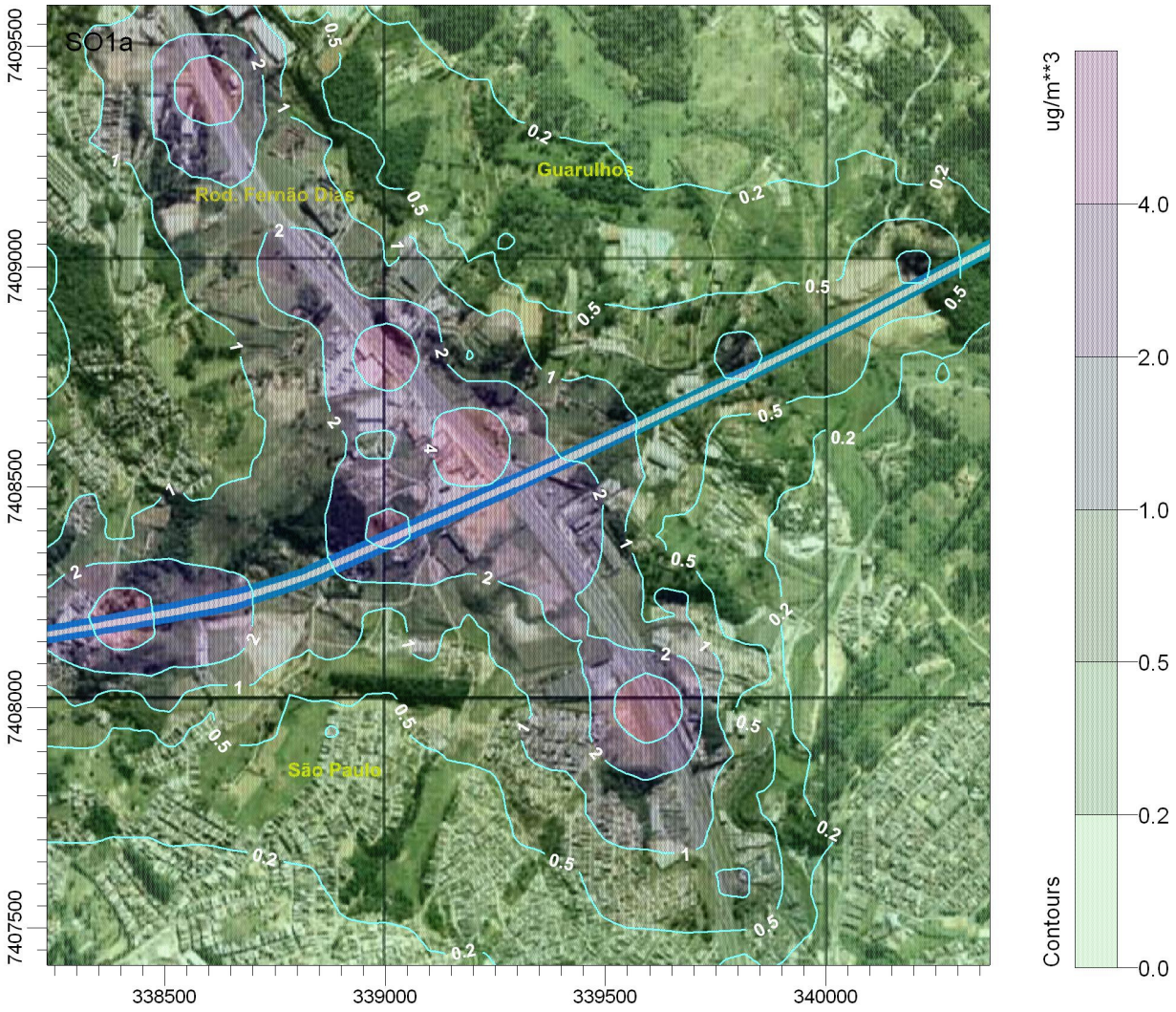


Trecho 04, Cenário 2.024: Concentração de SO_2 (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: SO_2
Período: 24 horas
Padrão Primário: 365 µg/m³
Padrão Secundário: 100 µg/m³

Trecho 04, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de SO_2 (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: SO_2
Período: 24 horas
Padrão Primário: 365 µg/m³
Padrão Secundário: 100 µg/m³

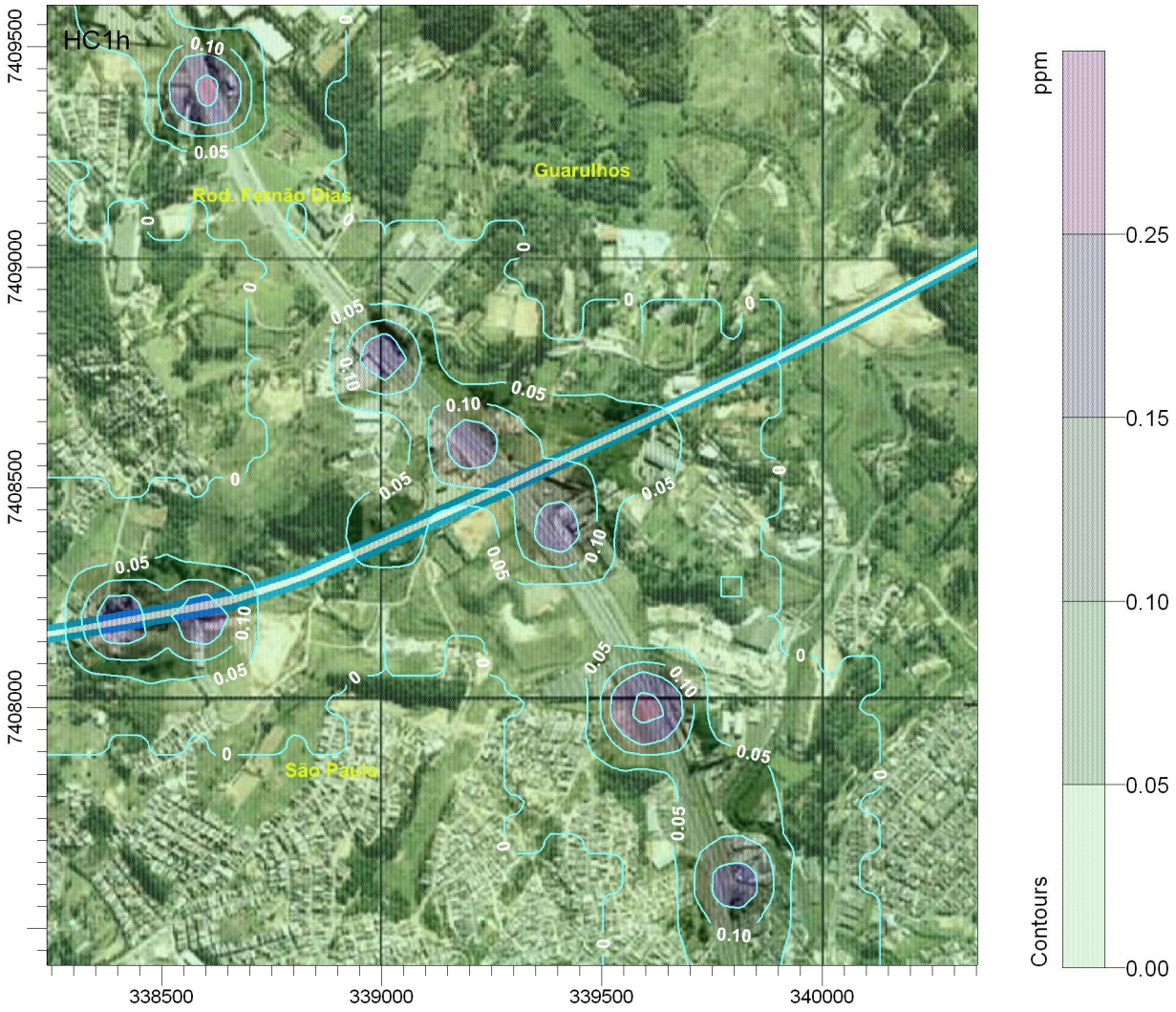


Trecho 04, Cenário 2.024: Concentração de SO_2 (µg/m³), Período – Anual

Poluente: SO_2
Período: Anual
Padrão Primário: 80 µg/m³
Padrão Secundário: 40 µg/m³

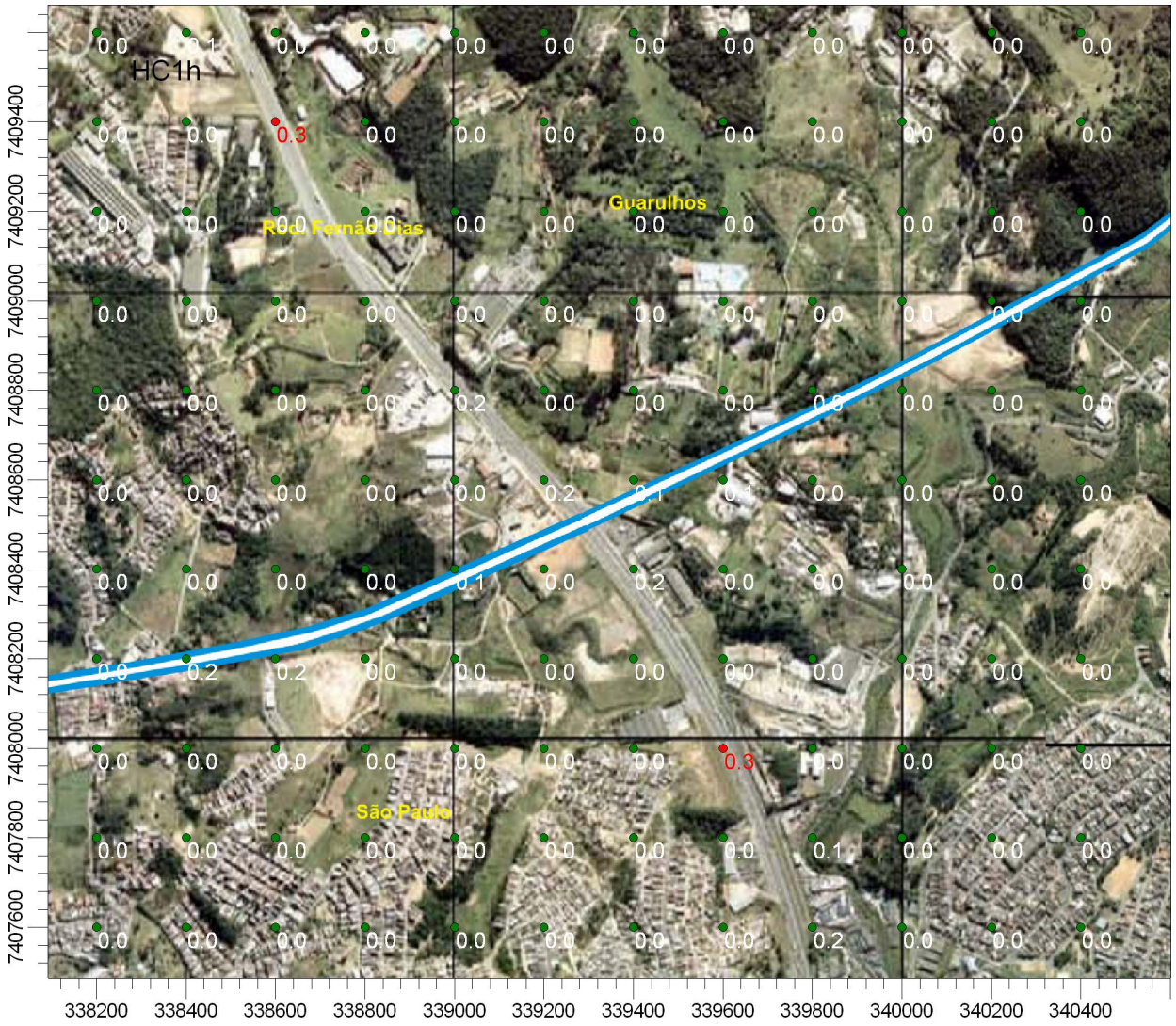
Trecho 04, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de SO_2 (µg/m³), Período – Anual

Poluente: SO_2
Período: Anual
Padrão Primário: 80 µg/m³
Padrão Secundário: 40 µg/m³



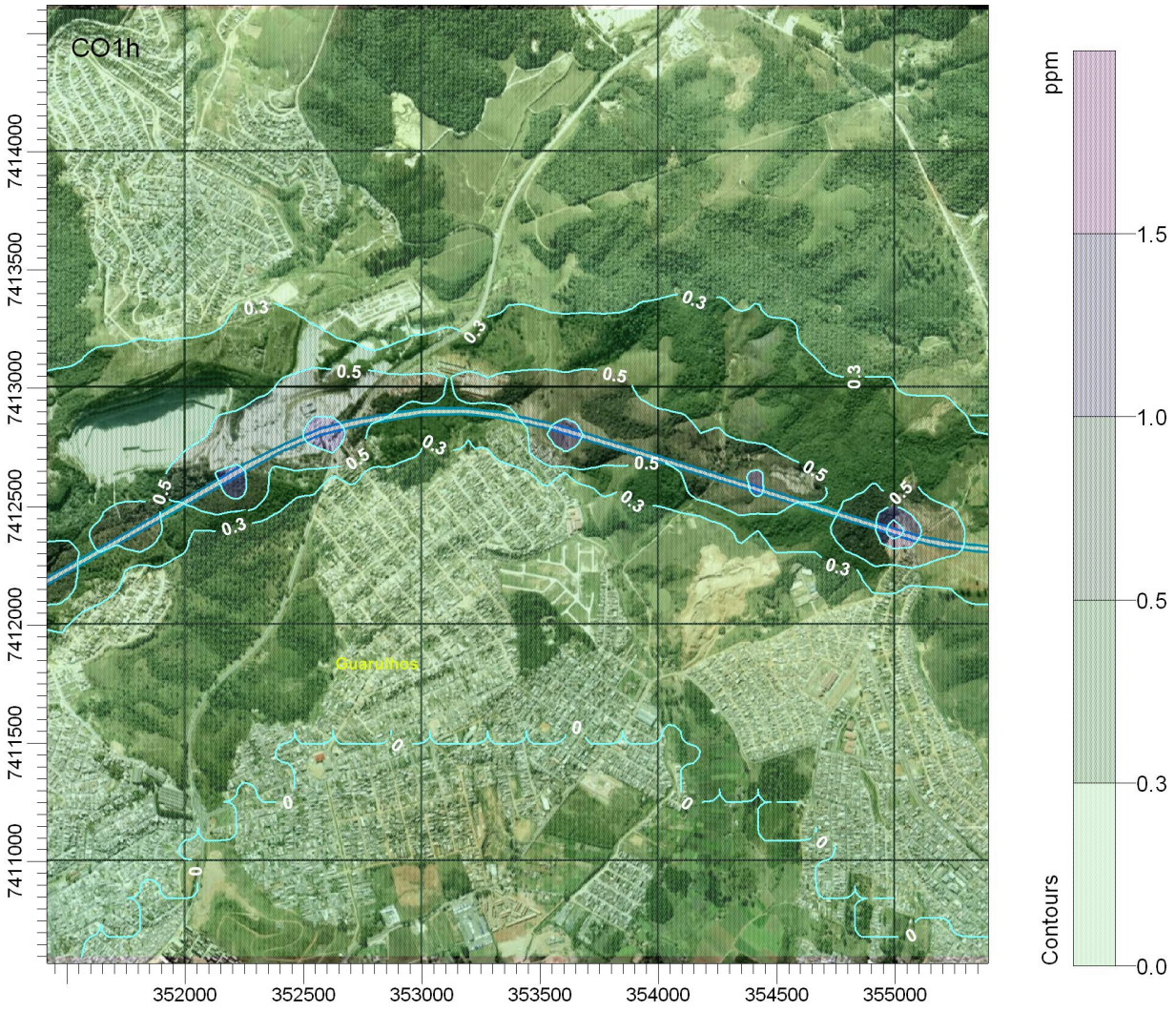
Trecho 04, Cenário 2.024: Concentração de HC (ppm), Período – 1 hora

Poluente: HC (como Hexano)
Período: 1 hora
Padrão Primário: -



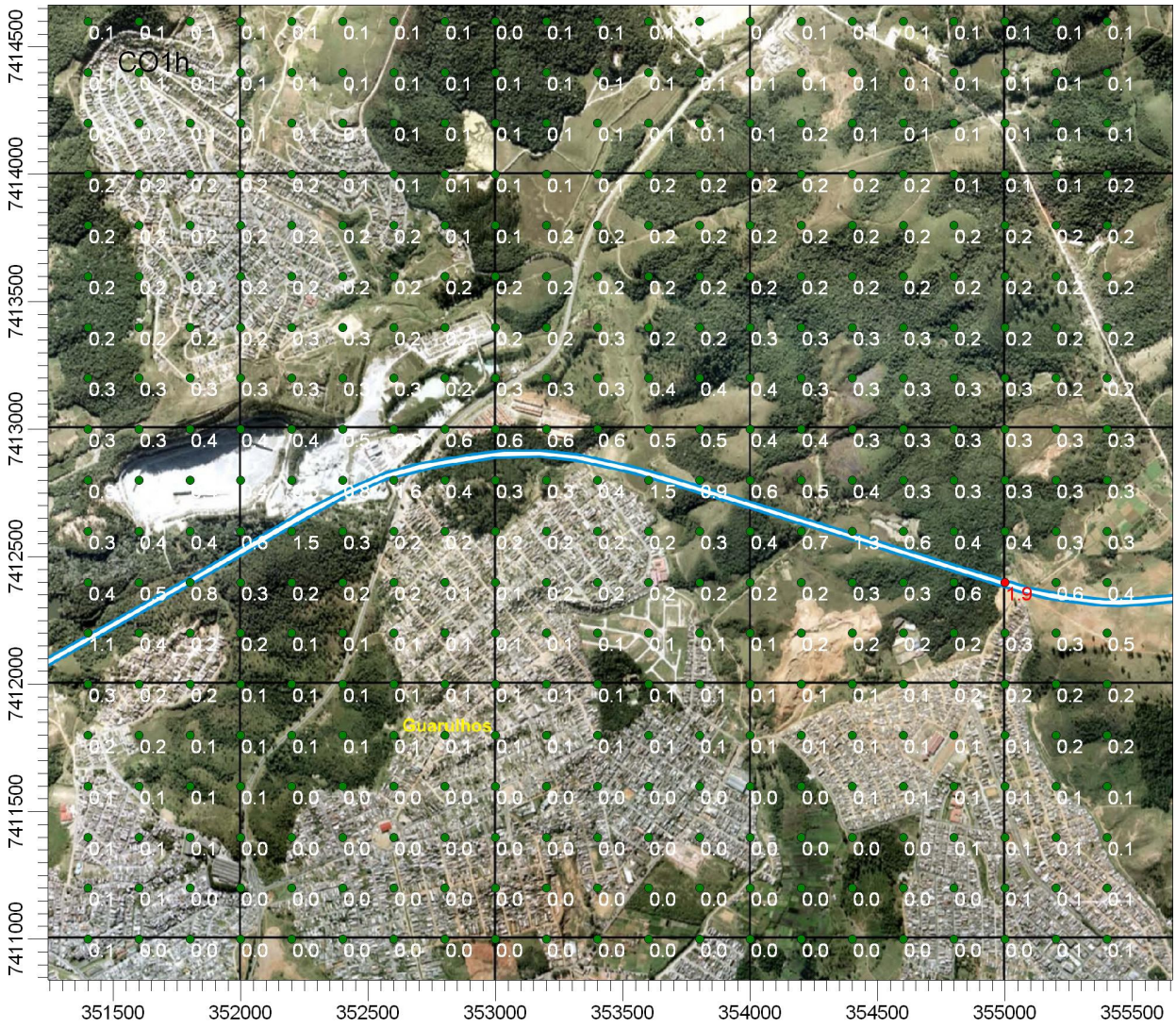
Trecho 04, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de HC (ppm), Período – 1 hora

Poluente: HC (como Hexano)
Período: 1 hora
Padrão Primário: -



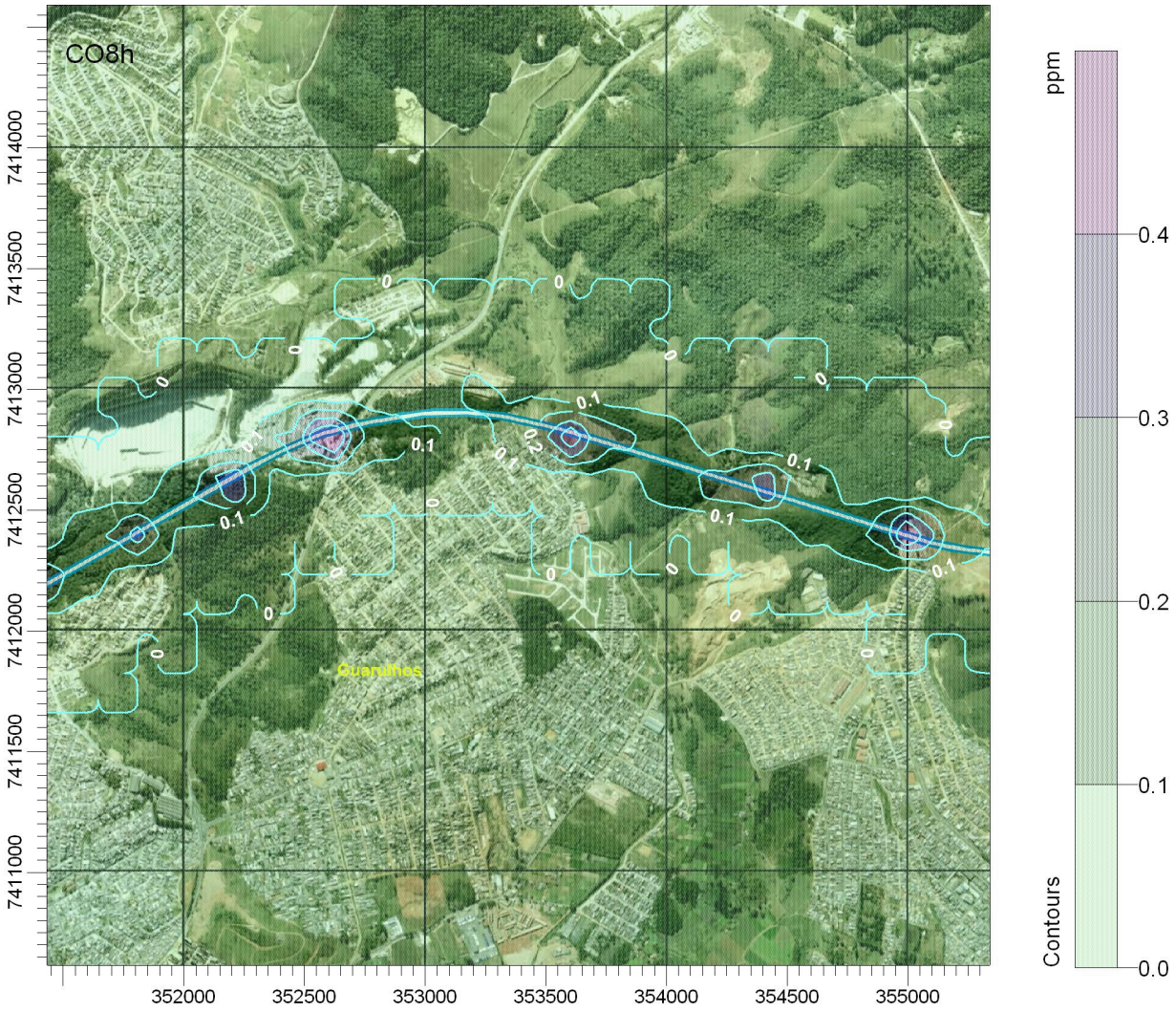
Trecho 05, Cenário 2.024: Concentração de CO (ppm), Período – 1 hora

Poluente: CO
Período: 1 hora
Padrão Primário: 40.000 µg/m³ (34,9 ppm)



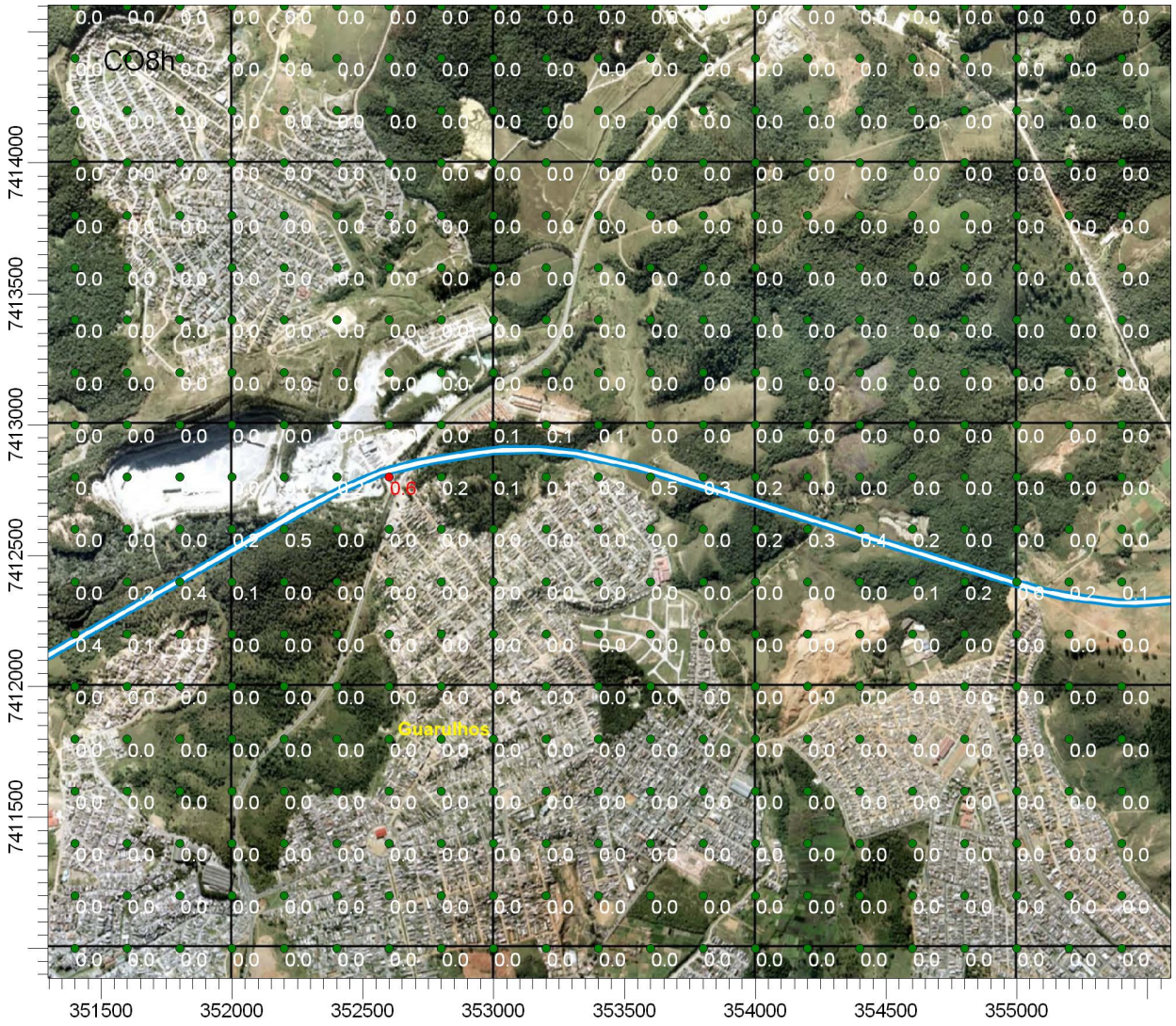
Trecho 05, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de CO (ppm), Período – 1 hora

Poluente: CO
Período: 1 hora
Padrão Primário: 40.000 µg/m³ (34,9 ppm)



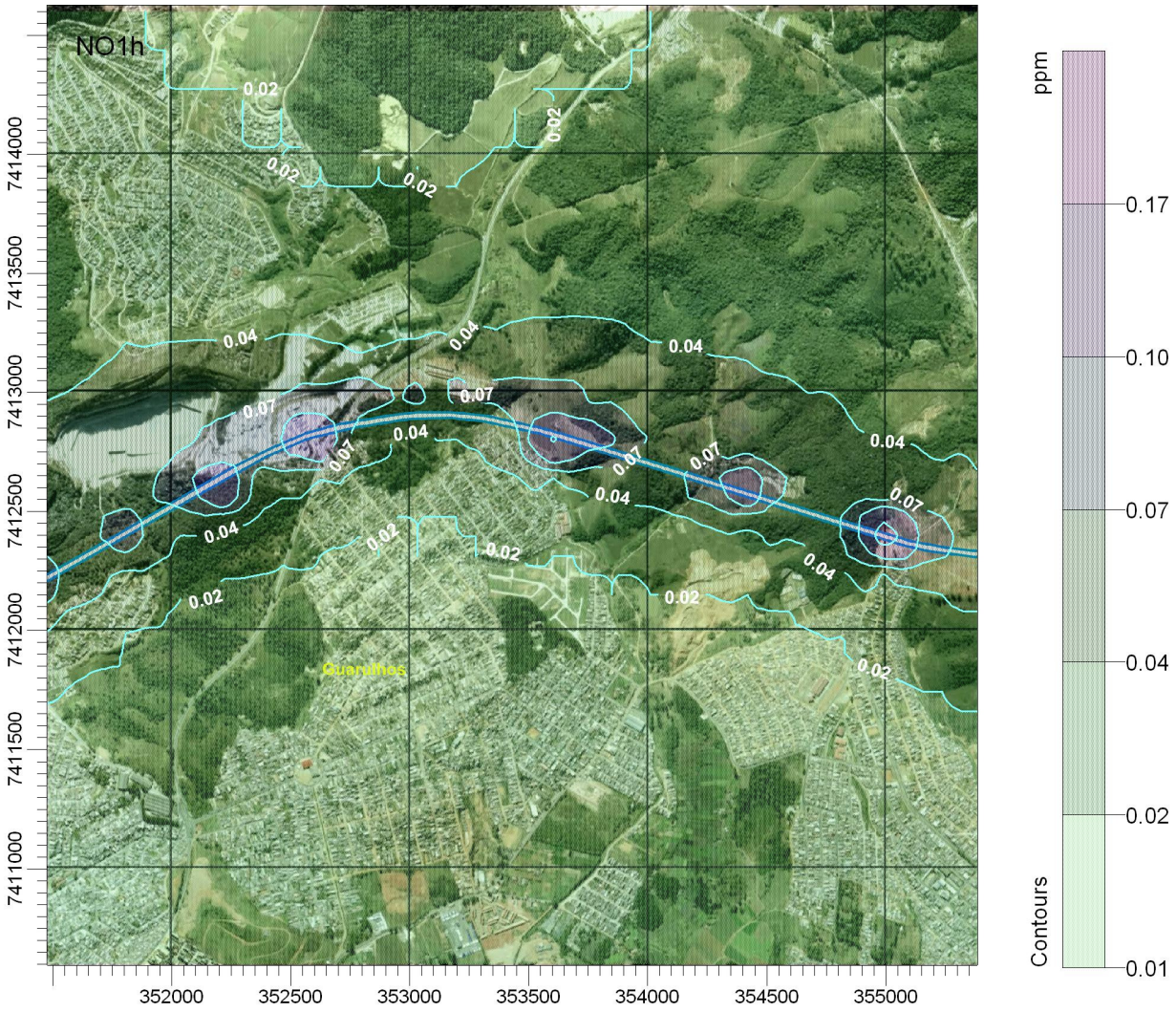
Trecho 05, Cenário 2.024: Concentração de CO (ppm), Período – 8 horas

Poluente: CO
Período: 8 horas
Padrão Primário: 10.000 µg/m³ (8,7 ppm)



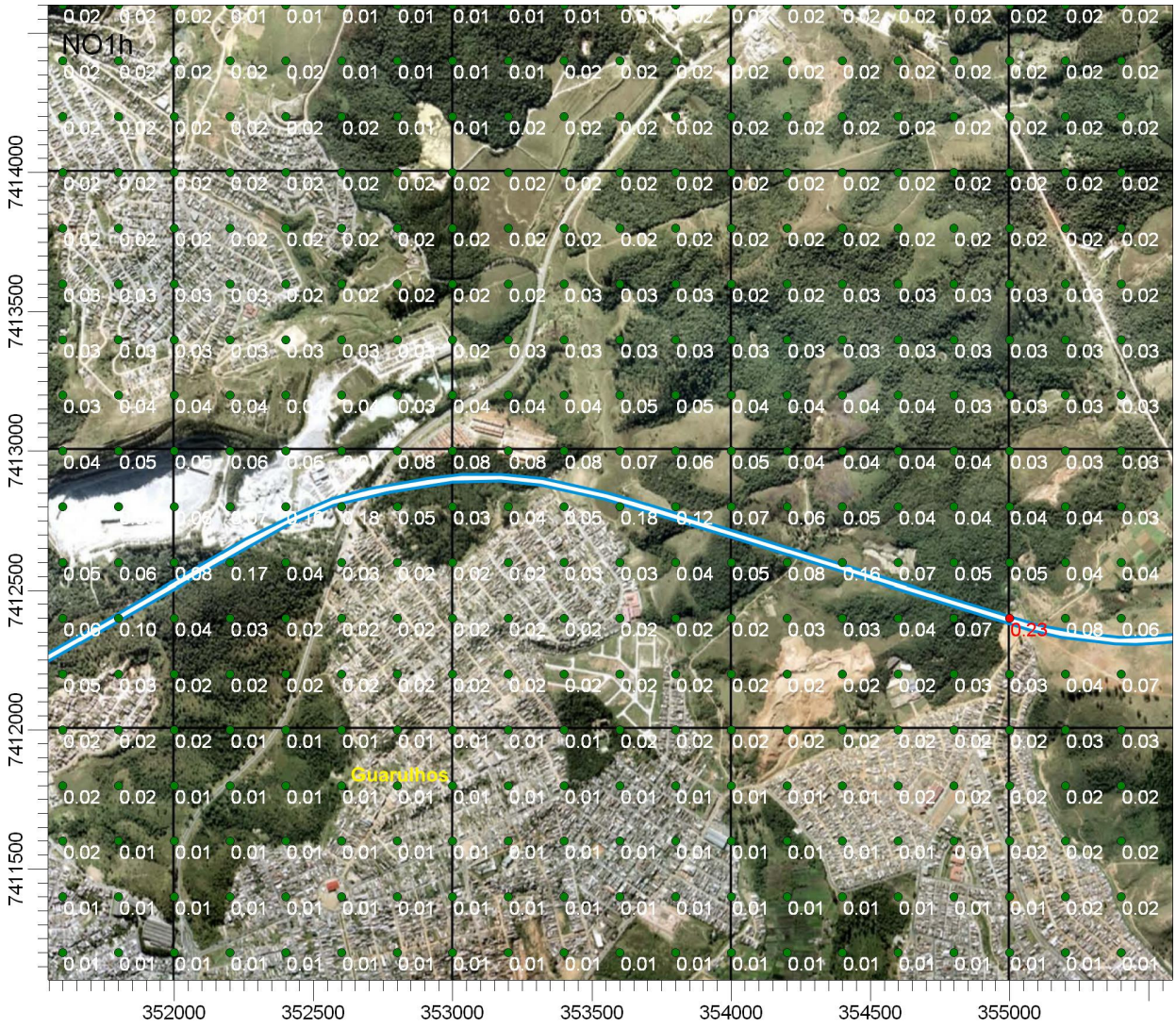
Trecho 05, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de CO (ppm), Período – 8 horas

Poluente: CO
Período: 8 horas
Padrão Primário: 10.000 µg/m³ (8,7 ppm)



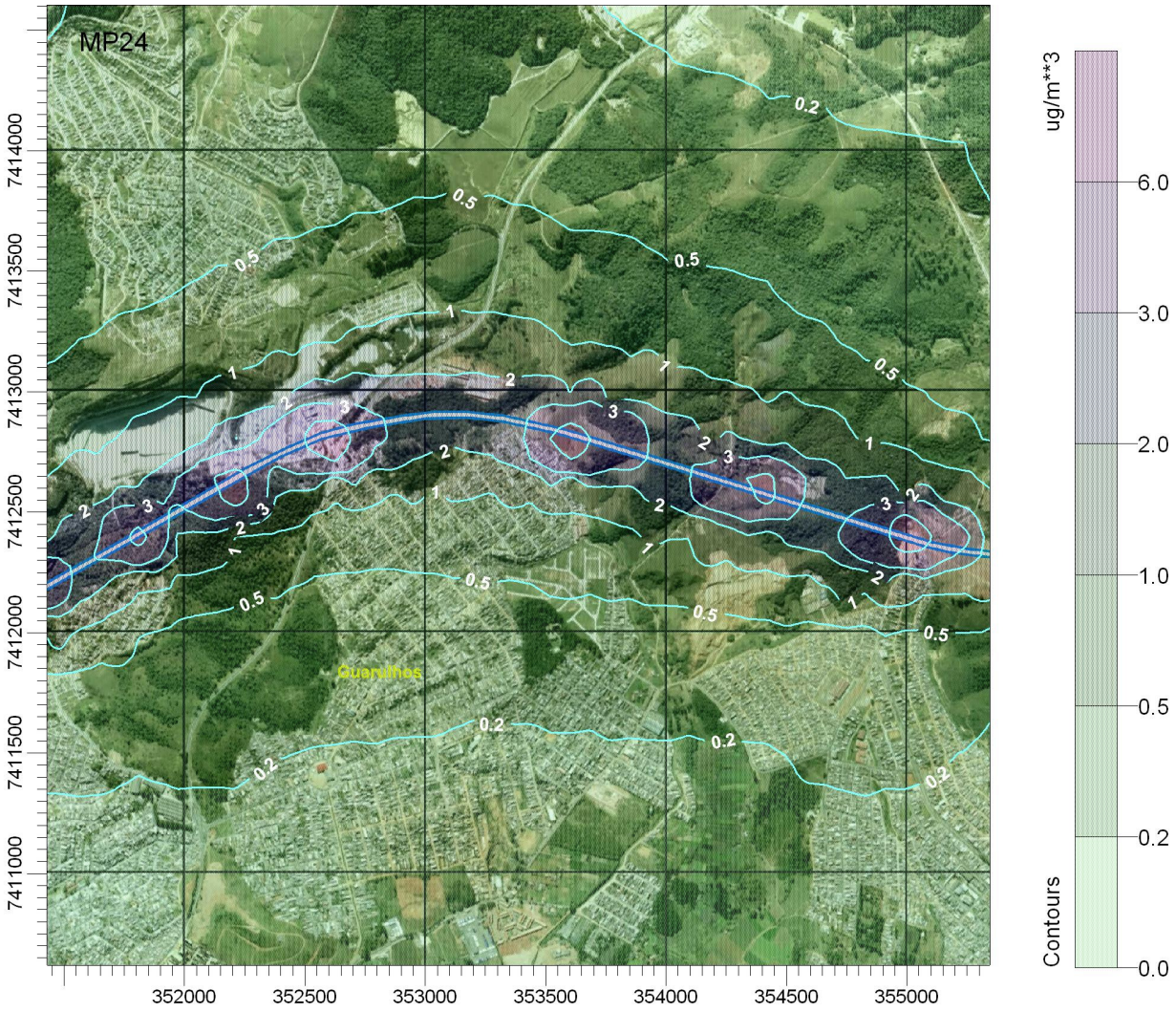
Trecho 05, Cenário 2.024: Concentração De NO_2 (ppm), Período – 1 hora

Poluente: NO_2
Período: 1 hora
Padrão Primário: 320 µg/m³ (0,17 ppm)



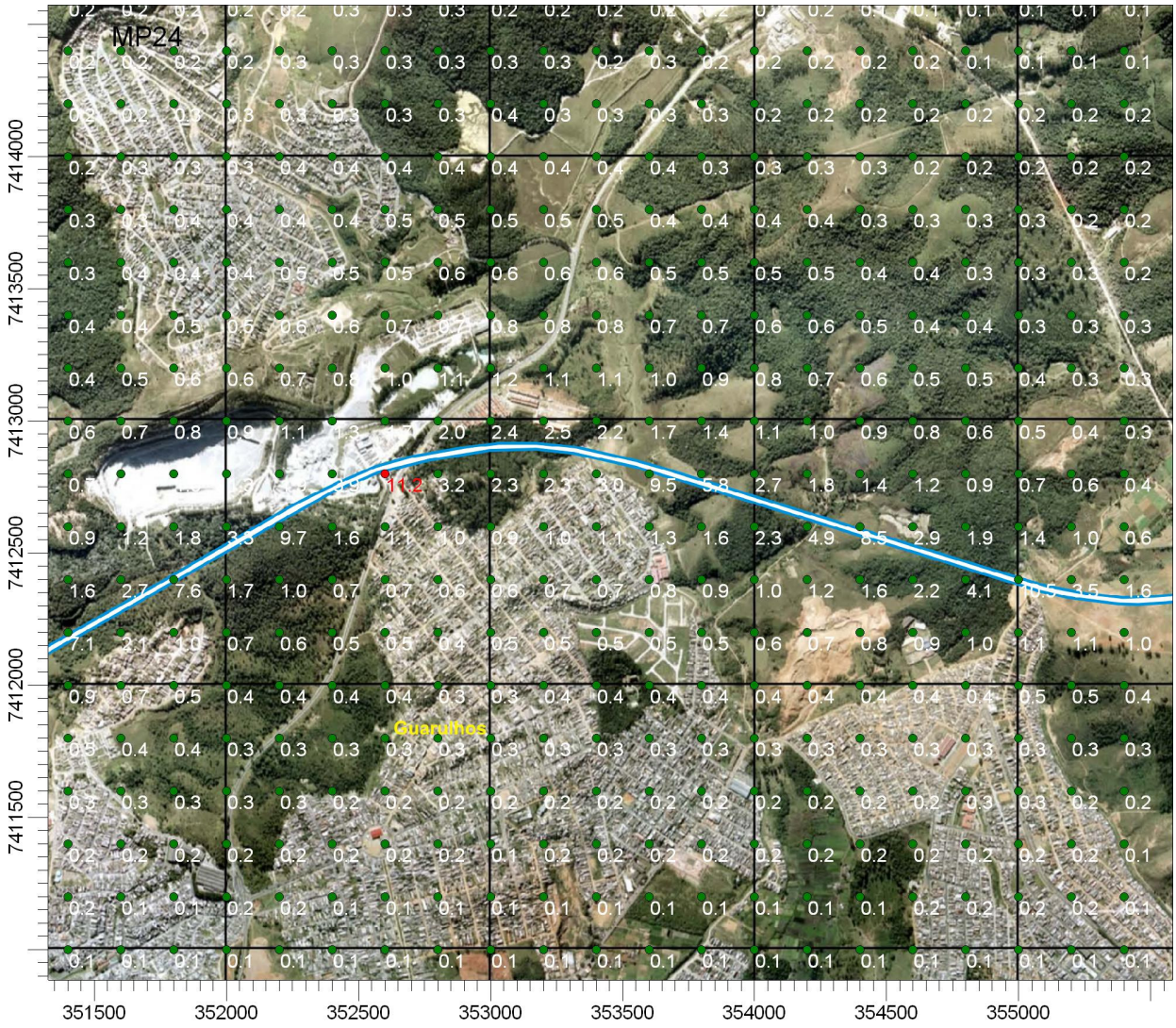
Trecho 05, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de NO_2 (ppm), Período – 1 hora

Poluente: NO_2
Período: 1 hora
Padrão Primário: 320 µg/m³ (0,17 ppm)



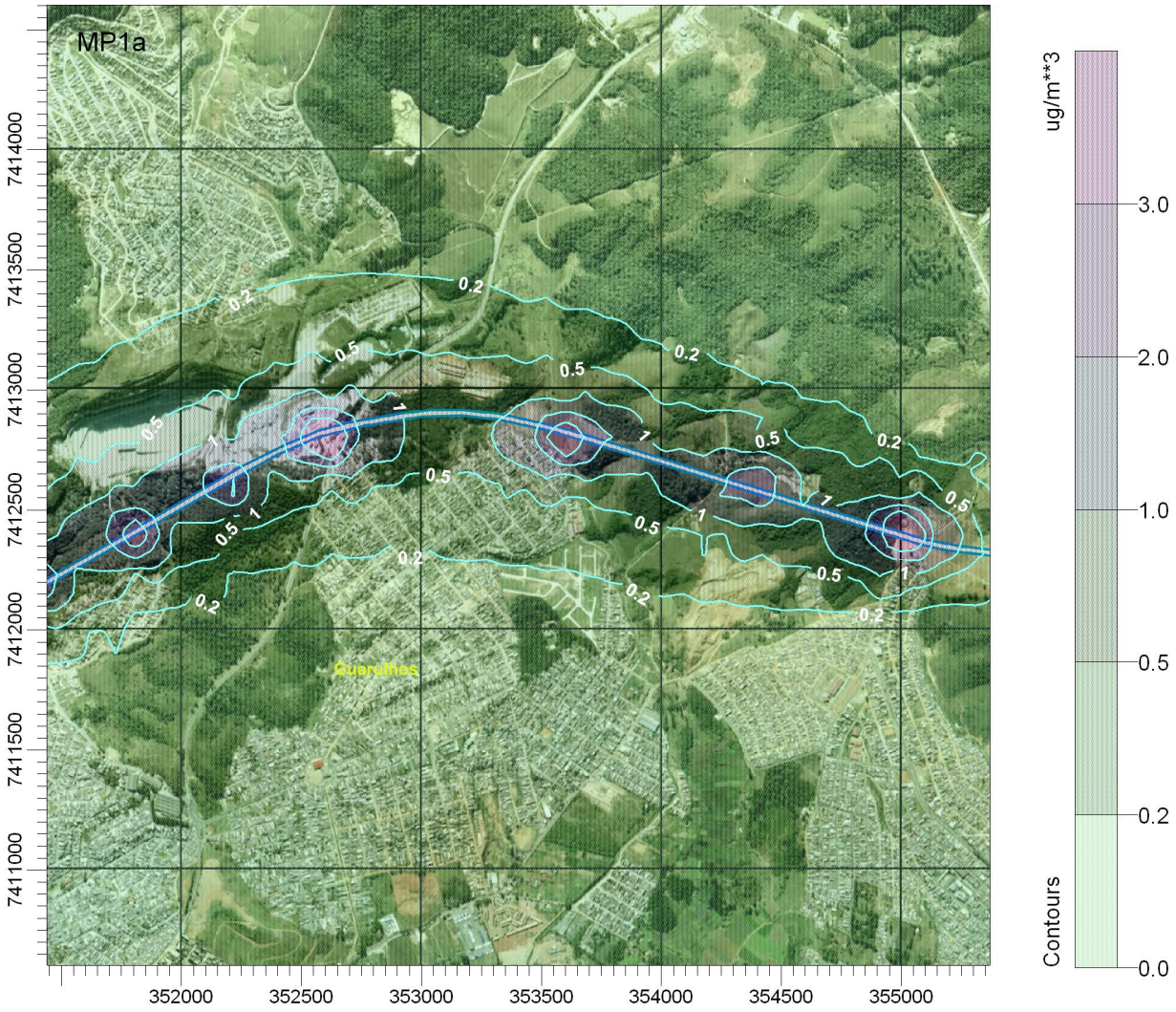
Trecho 05, Cenário 2.024: Concentração de MP (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: PI
Período: 24 horas
Padrão Primário: 150 µg/m³



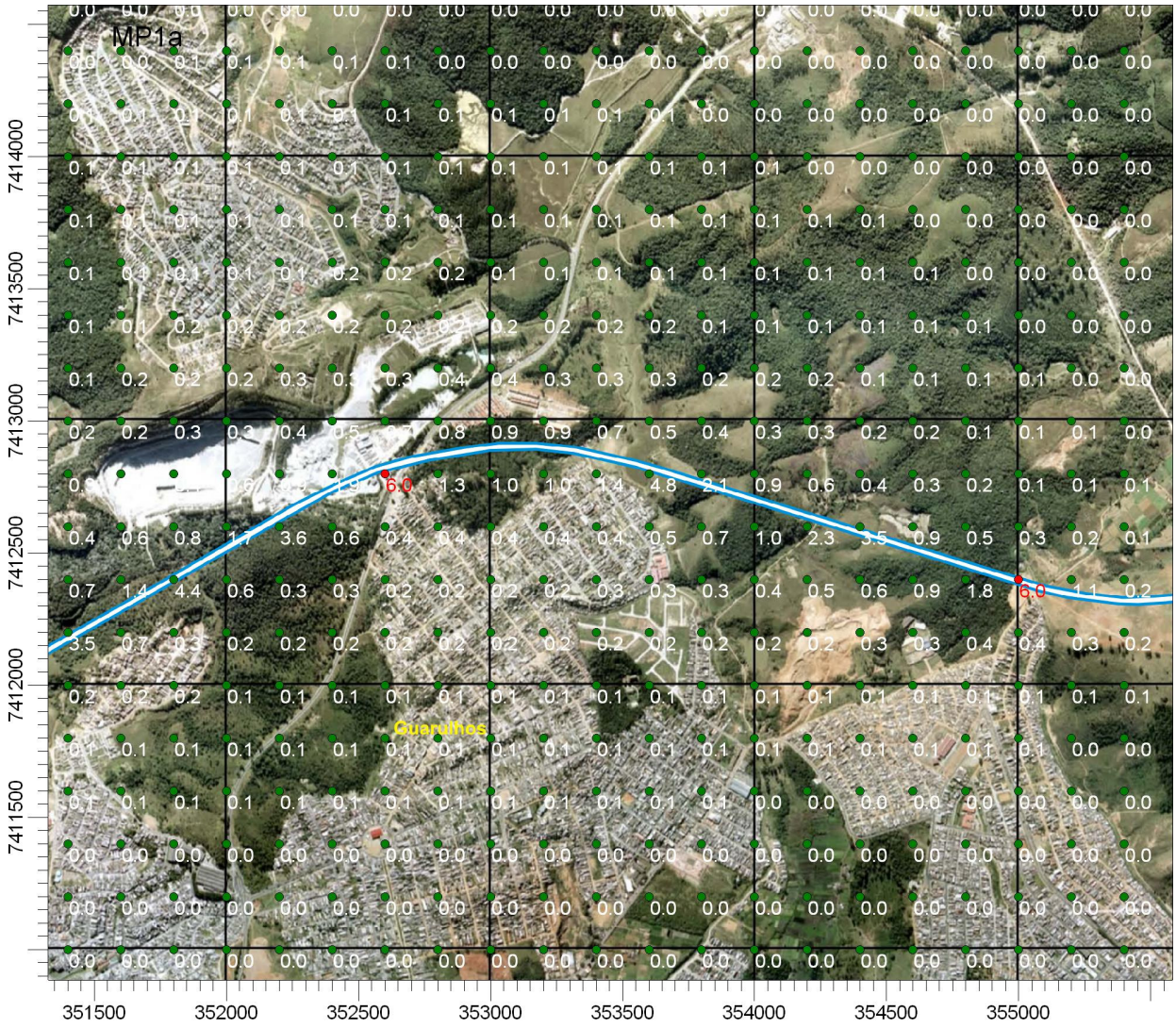
Trecho 05, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de MP (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: PI
Período: 24 horas
Padrão Primário: 150 µg/m³



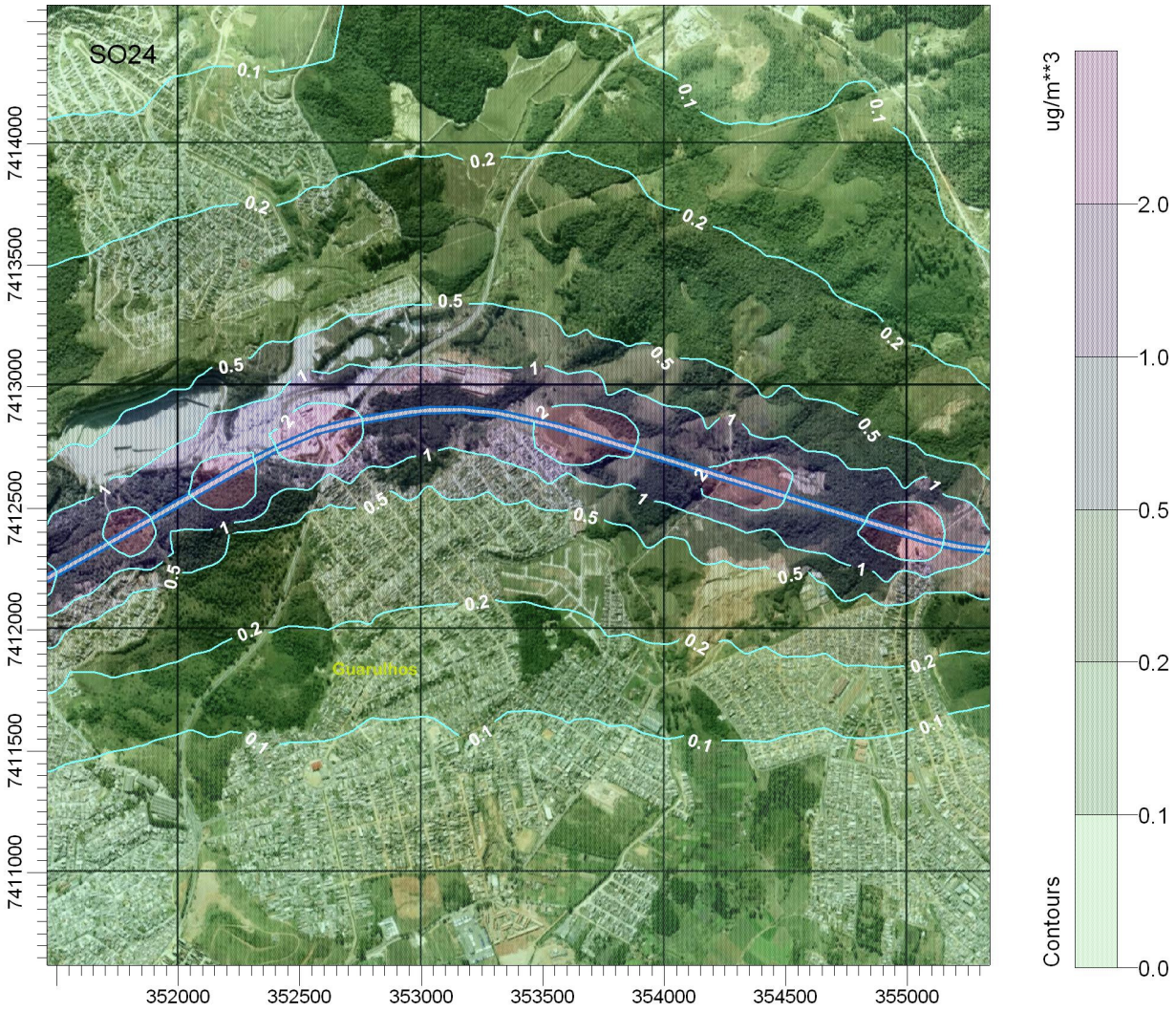
Trecho 05, Cenário 2.024: Concentração de MP (µg/m³), Período – Anual

Poluente: PI
Período: Anual
Padrão Primário: 50 µg/m³



Trecho 05, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de MP (µg/m³), Período – Anual

Poluente: PI
Período: Anual
Padrão Primário: 50 µg/m³

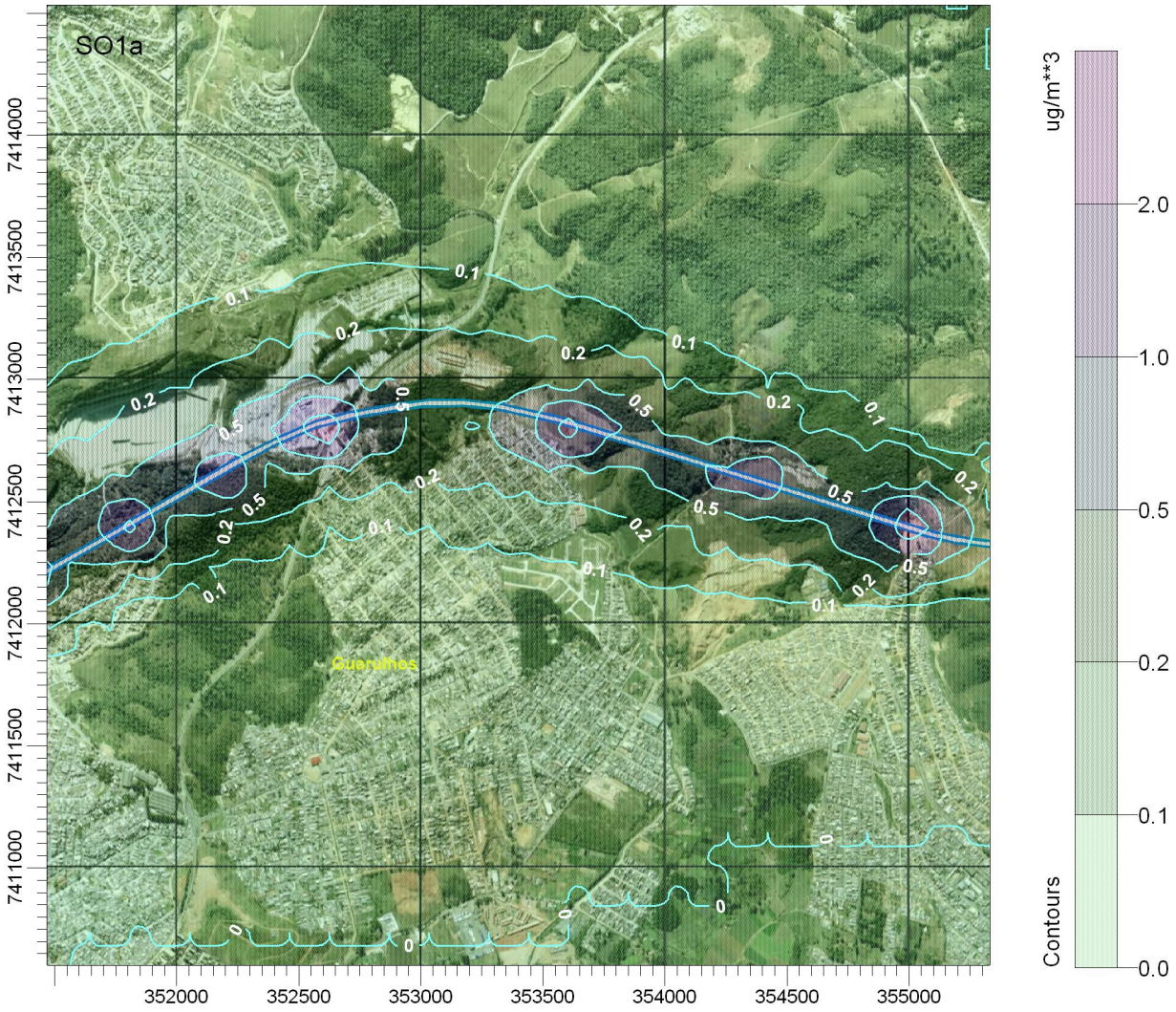


Trecho 05, Cenário 2.024: Concentração de SO_2 (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: SO_2
Período: 24 horas
Padrão Primário: 365 µg/m³
Padrão Secundário: 100 µg/m³

Trecho 05, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de SO_2 (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: SO_2
Período: 24 horas
Padrão Primário: 365 µg/m³
Padrão Secundário: 100 µg/m³

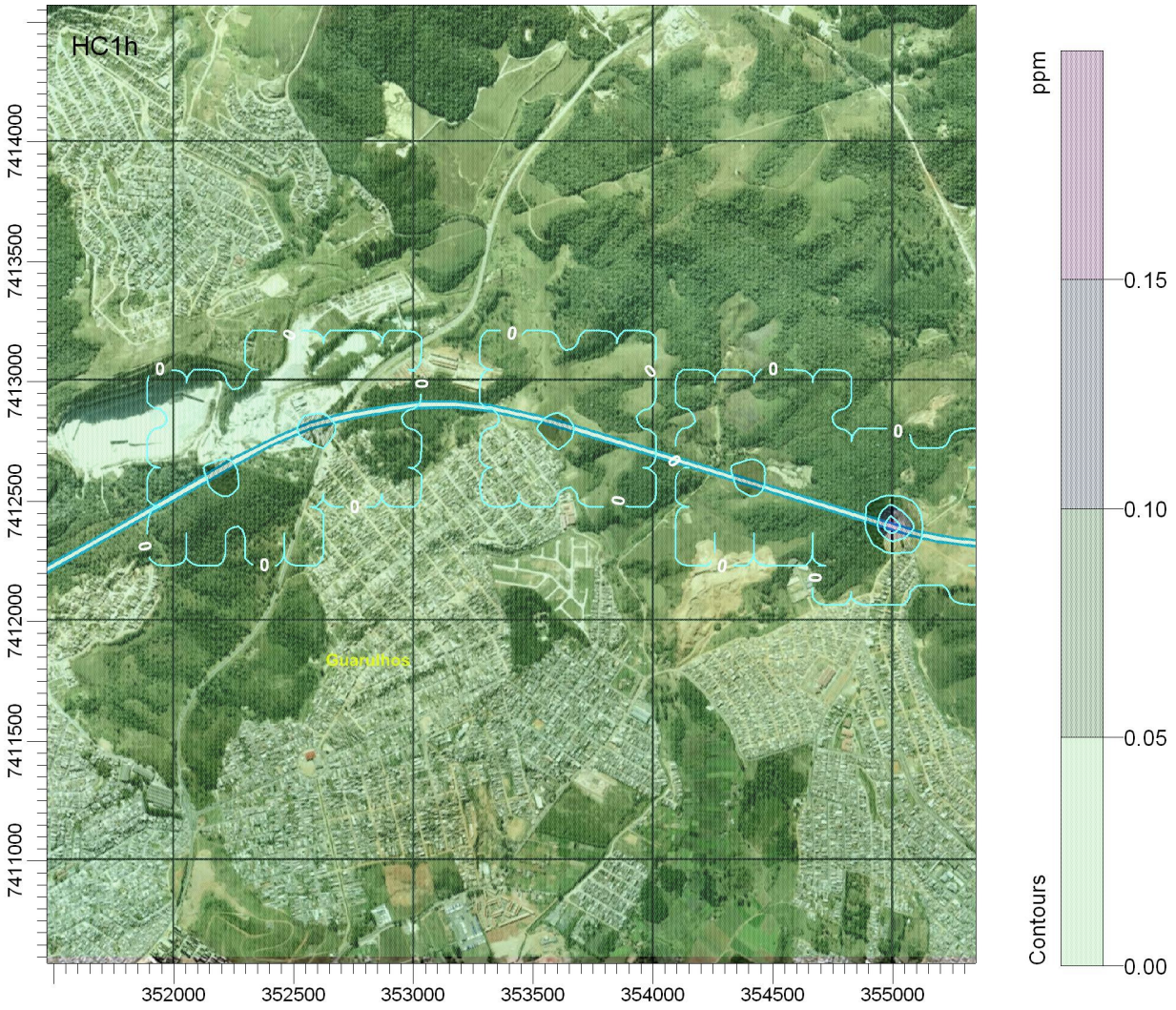


Trecho 05, Cenário 2.024: Concentração de SO_2 (µg/m³), Período – Anual

Poluente: SO_2
Período: Anual
Padrão Primário: 80 µg/m³
Padrão Secundário: 40 µg/m³

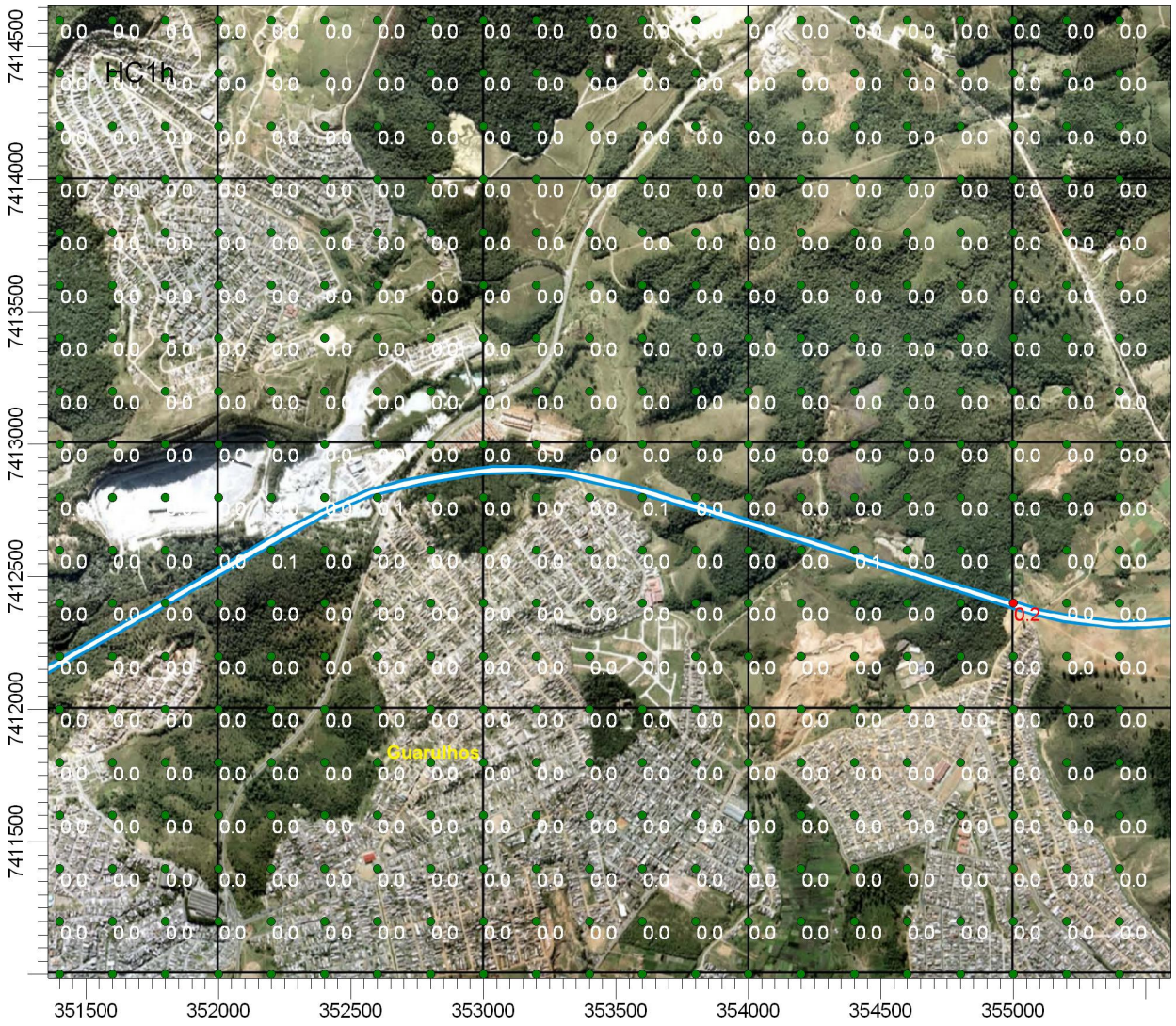
Trecho 05, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de SO_2 (µg/m³), Período – Anual

Poluente: SO_2
Período: Anual
Padrão Primário: 80 µg/m³
Padrão Secundário: 40 µg/m³



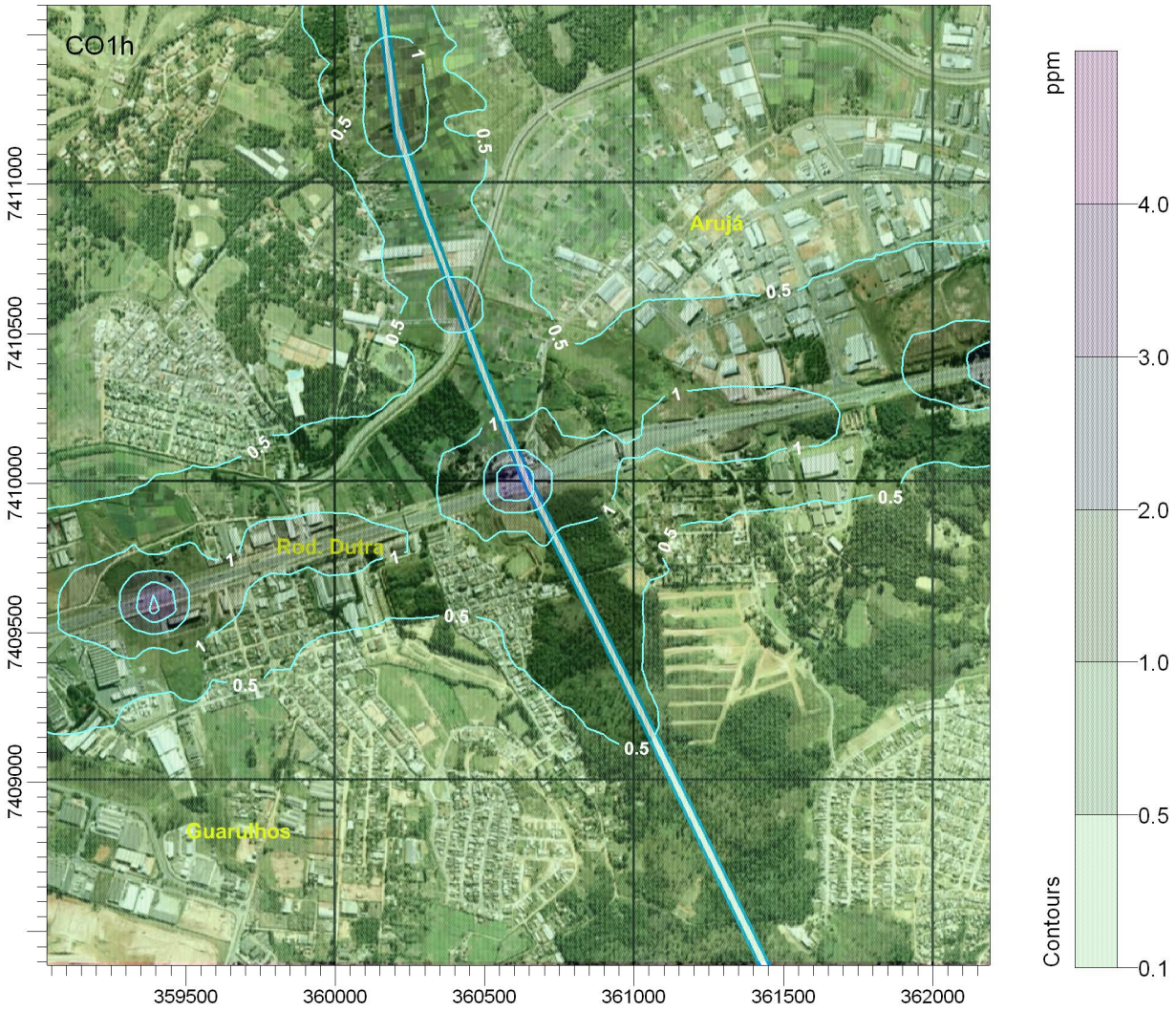
Trecho 05, Cenário 2.024: Concentração de HC (ppm), Período – 1 hora

Poluente: HC (como Hexano)
Período: 1 hora
Padrão Primário: -



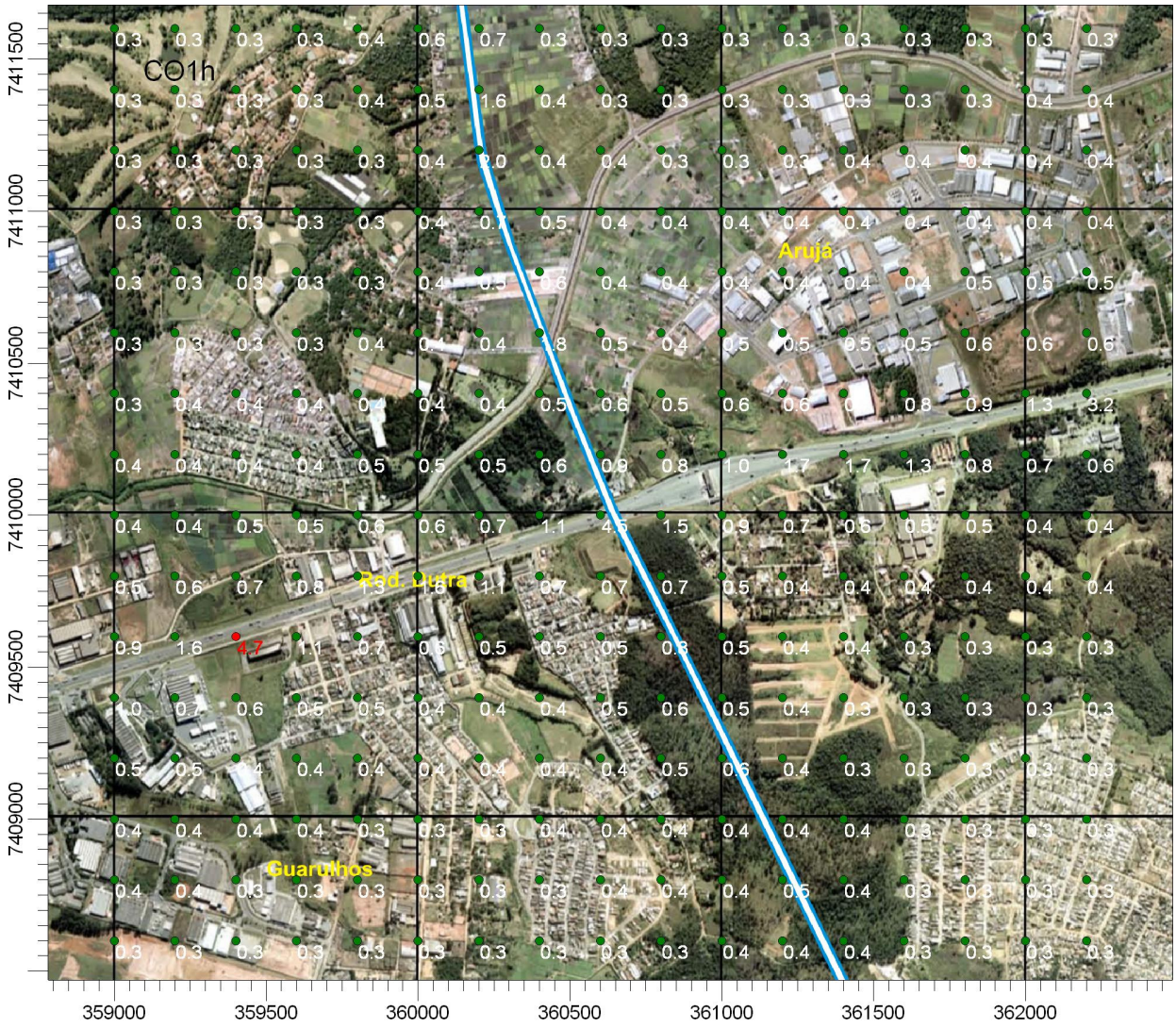
Trecho 05, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de HC (ppm), Período – 1 hora

Poluente: HC (como Hexano)
Período: 1 hora
Padrão Primário: -



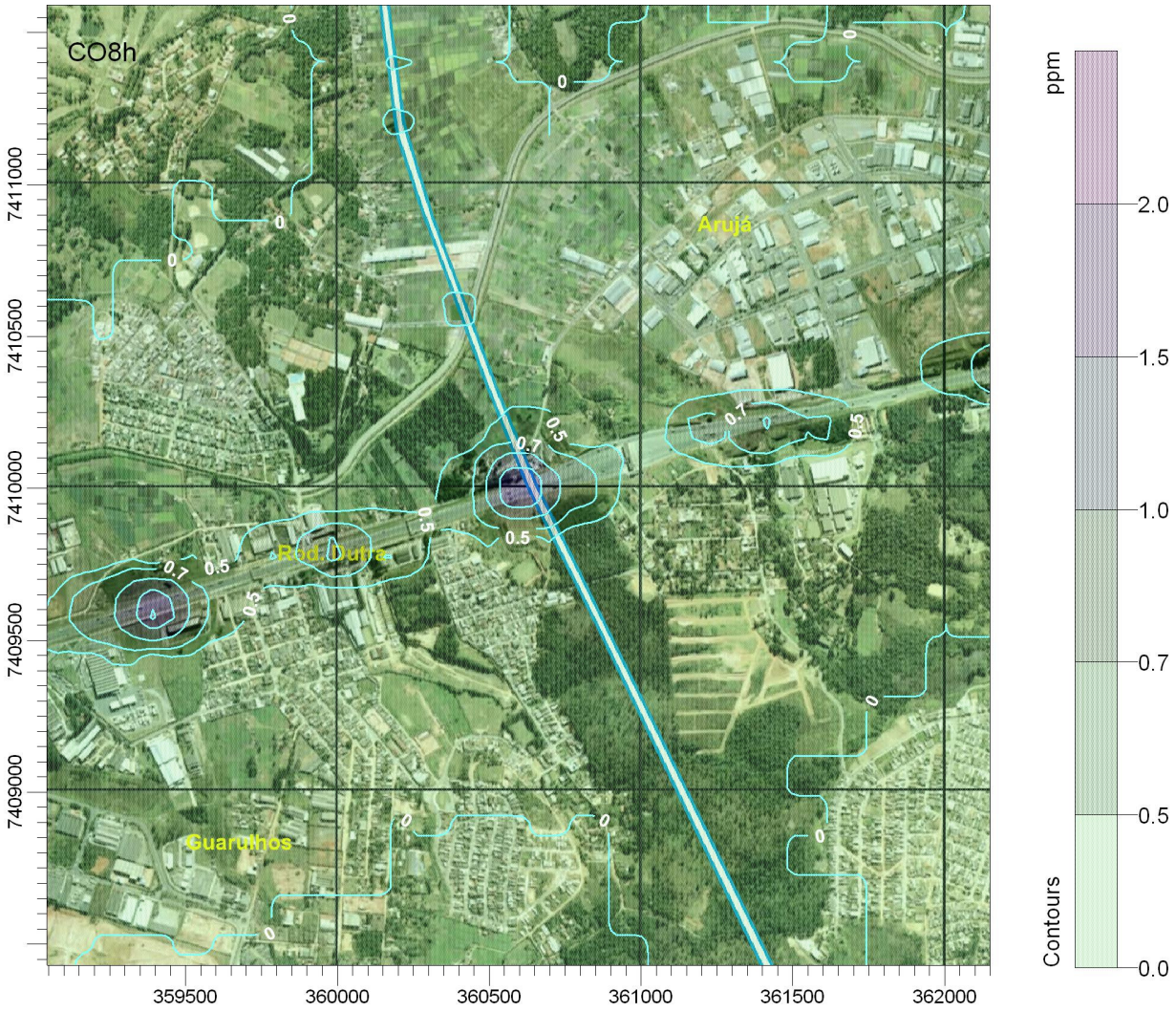
Trecho 06, Cenário 2.024: Concentração de CO (ppm), Período – 1 hora

Poluente: CO
Período: 1 hora
Padrão Primário: 40.000 µg/m³ (34,9 ppm)



Trecho 06, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de CO (ppm), Período – 1 hora

Poluente: CO
Período: 1 hora
Padrão Primário: 40.000 µg/m³ (34,9 ppm)

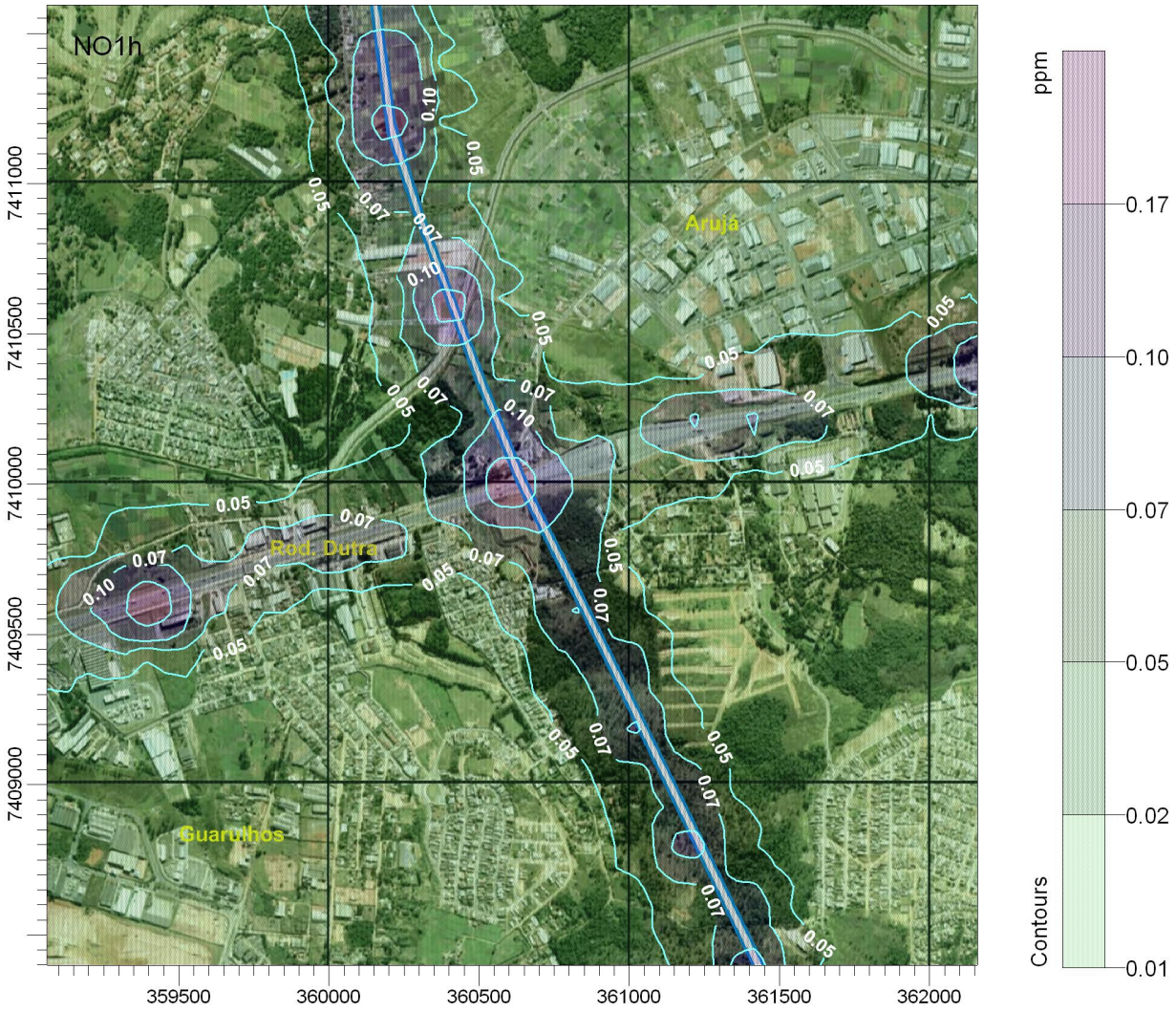


Trecho 06, Cenário 2.024: Concentração de CO (ppm), Período – 8 horas

Poluente: CO
Período: 8 horas
Padrão Primário: 10.000 µg/m³ (8,7 ppm)

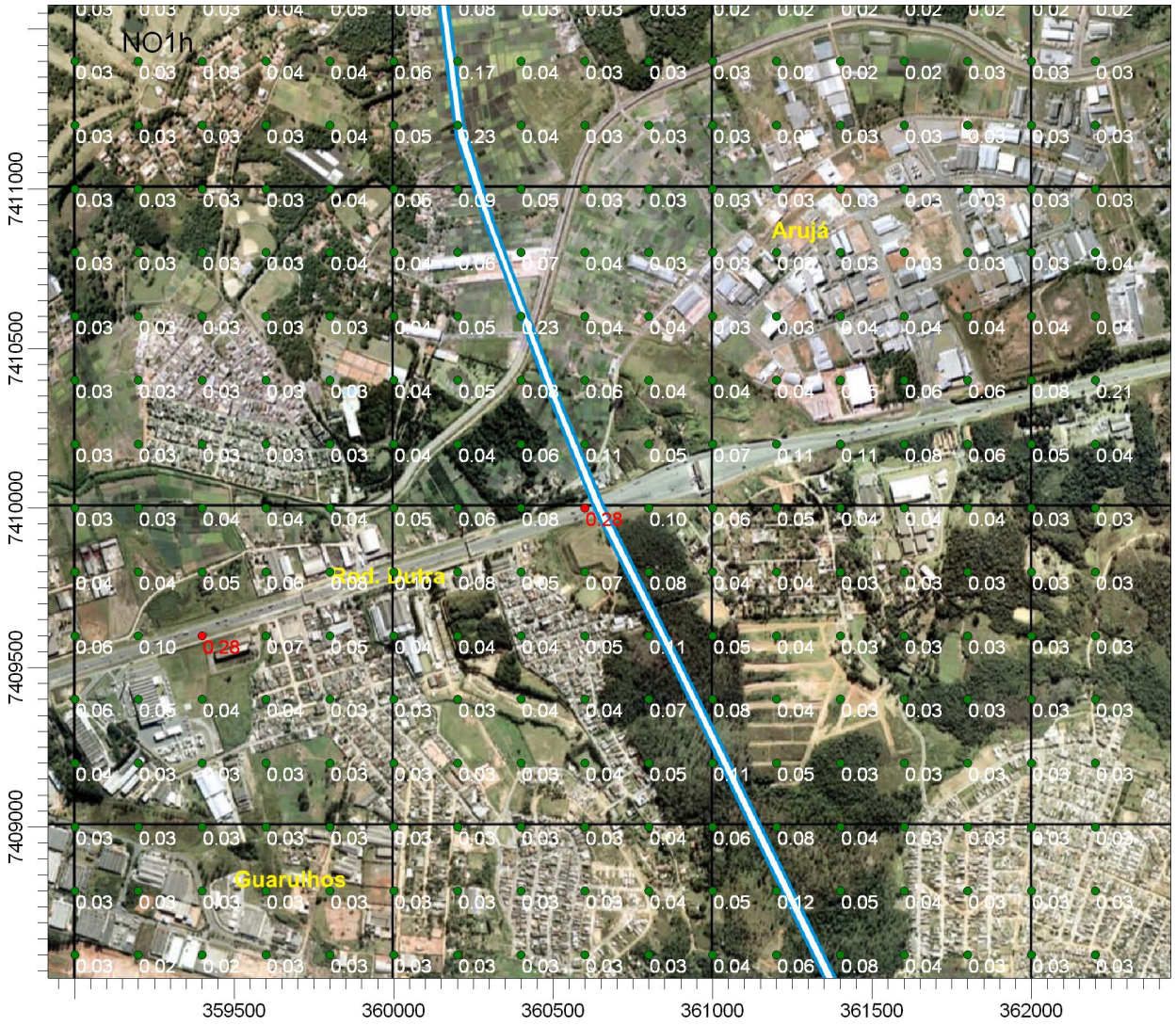
Trecho 06, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de CO (ppm), Período – 8 horas

Poluente: CO
Período: 8 horas
Padrão Primário: 10.000 µg/m³ (8,7 ppm)



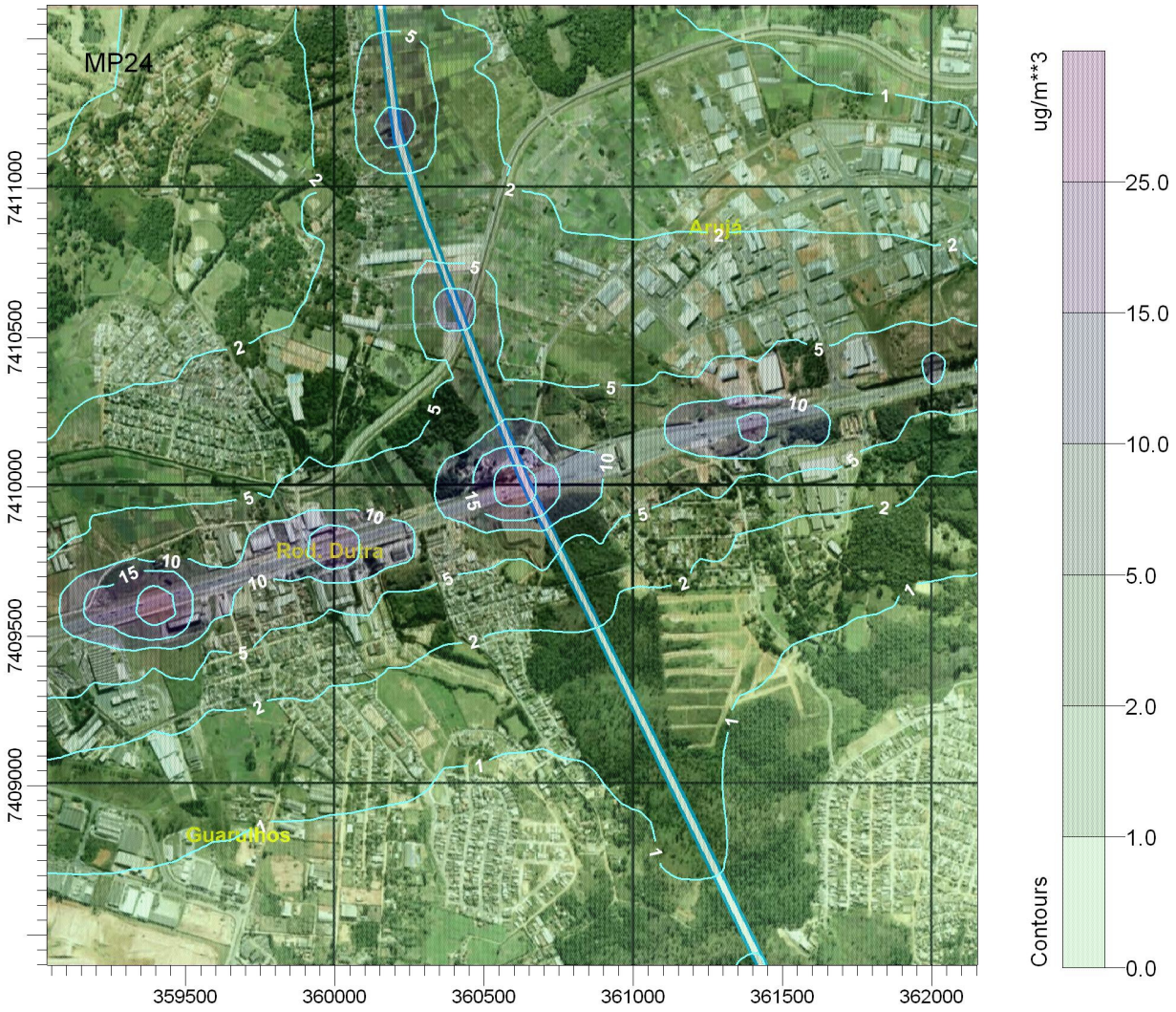
Trecho 06, Cenário 2.024: Concentração De NO_2 (ppm), Período – 1 hora

Poluente: NO_2
Período: 1 hora
Padrão Primário: 320 µg/m³ (0,17 ppm)



Trecho 06, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de NO_2 (ppm), Período – 1 hora

Poluente: NO_2
Período: 1 hora
Padrão Primário: 320 µg/m³ (0,17 ppm)

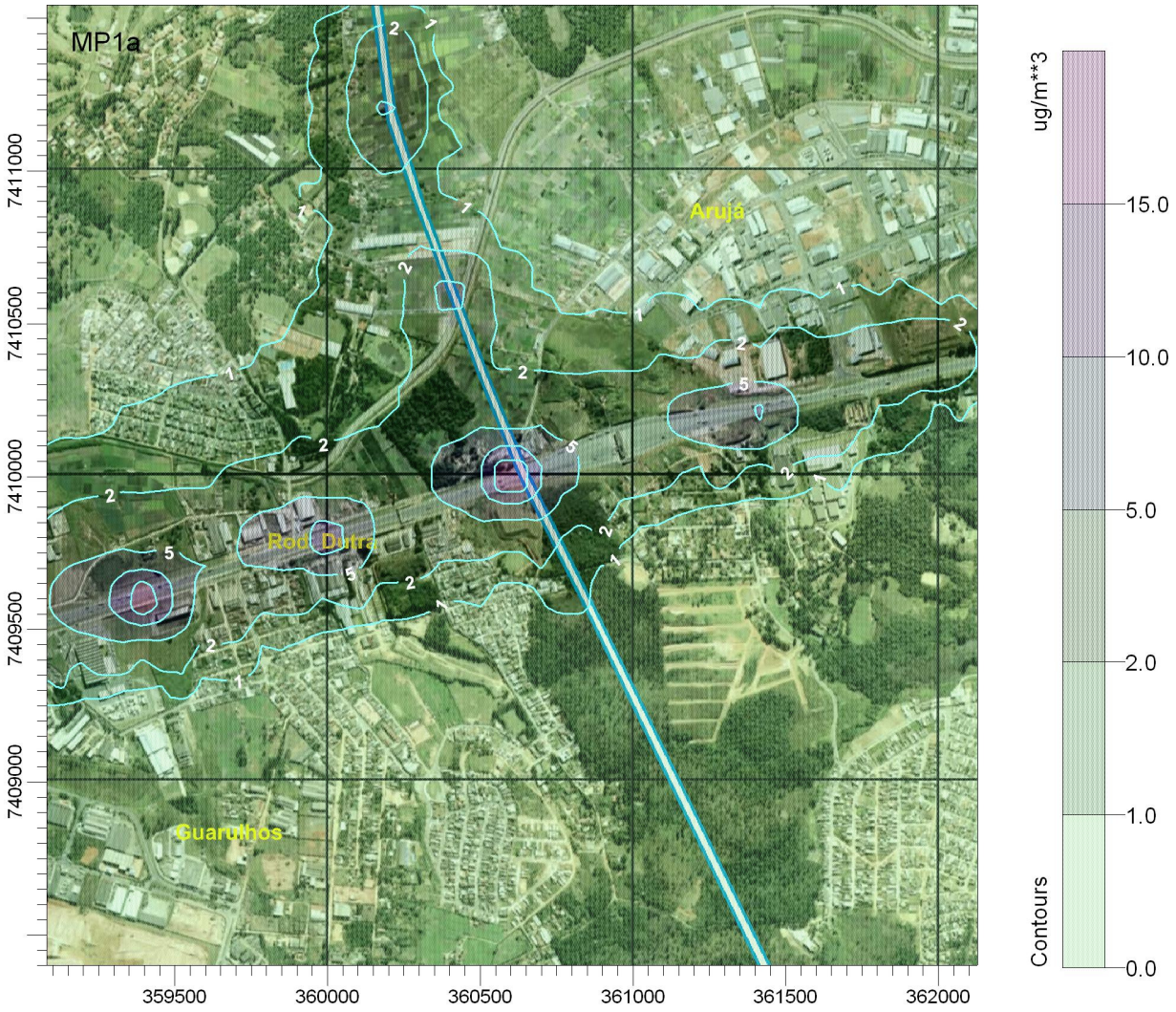


Trecho 06, Cenário 2.024: Concentração de MP (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: PI
Período: 24 horas
Padrão Primário: 150 µg/m³

Trecho 06, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de MP (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: PI
Período: 24 horas
Padrão Primário: 150 µg/m³

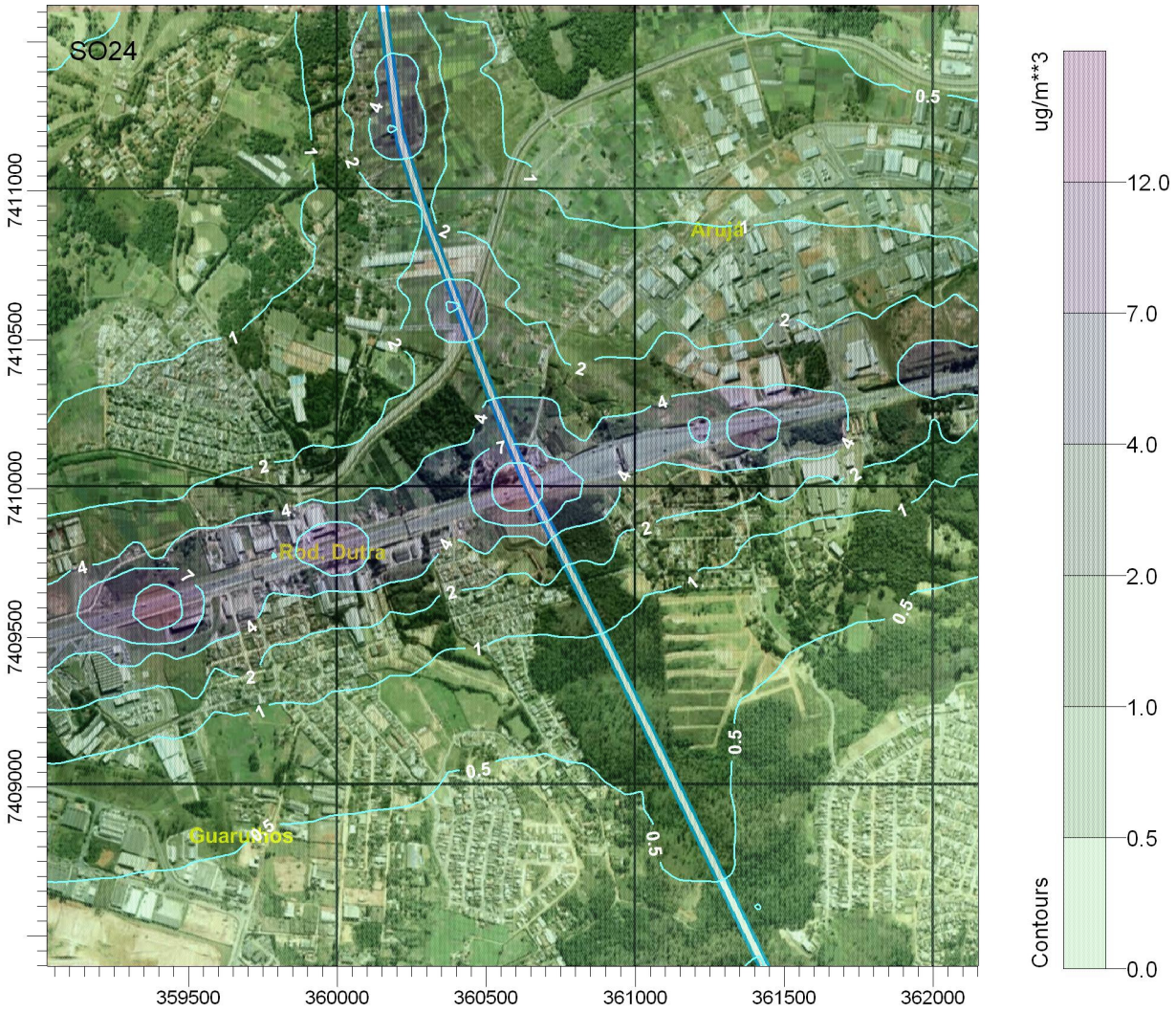


Trecho 06, Cenário 2.024: Concentração de MP (µg/m³), Período – Anual

Poluente: PI
Período: Anual
Padrão Primário: 50 µg/m³

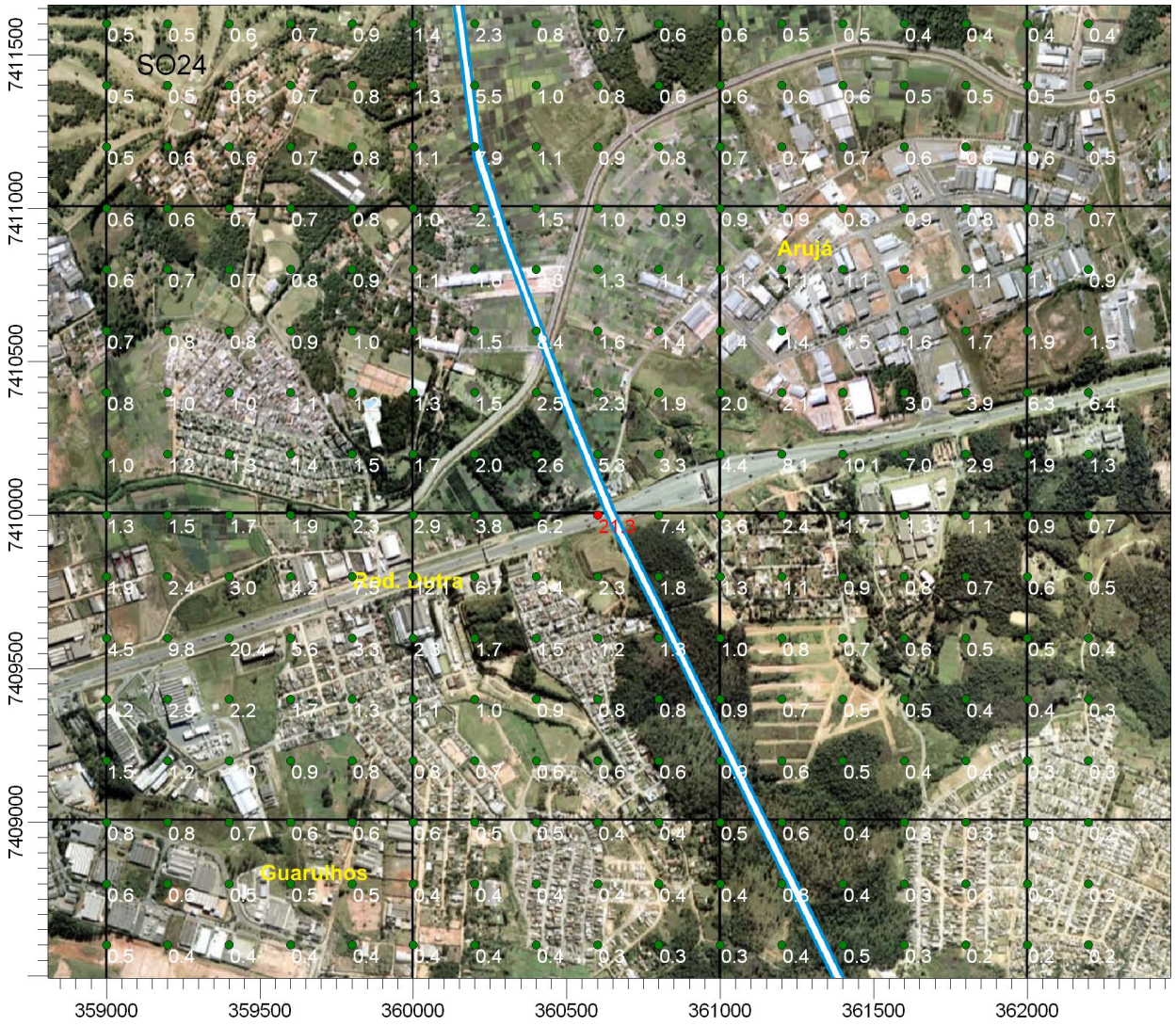
Trecho 06, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de MP (µg/m³), Período – Anual

Poluente: PI
Período: Anual
Padrão Primário: 50 µg/m³



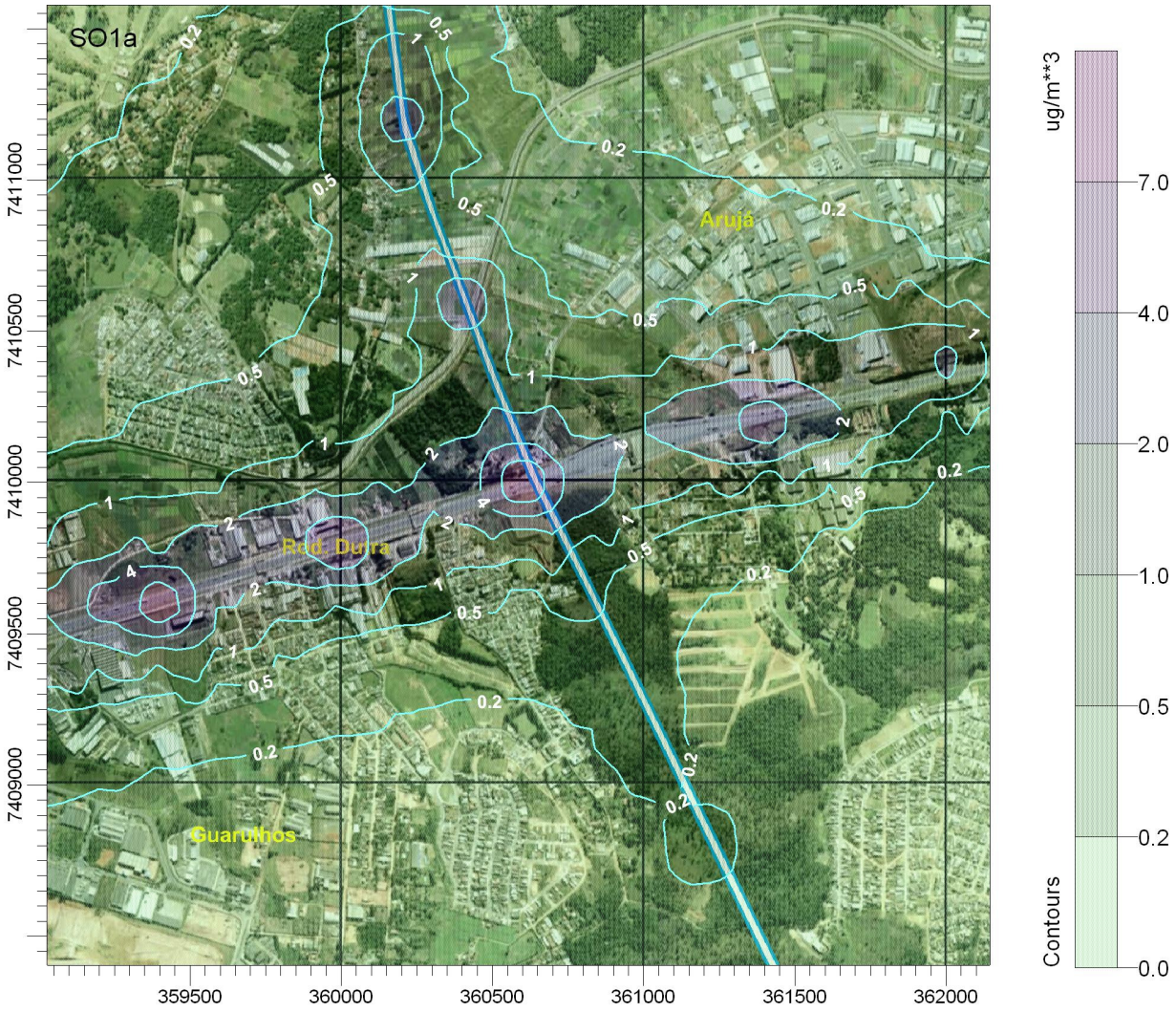
Trecho 06, Cenário 2.024: Concentração de SO_2 (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: SO_2
Período: 24 horas
Padrão Primário: 365 µg/m³
Padrão Secundário: 100 µg/m³



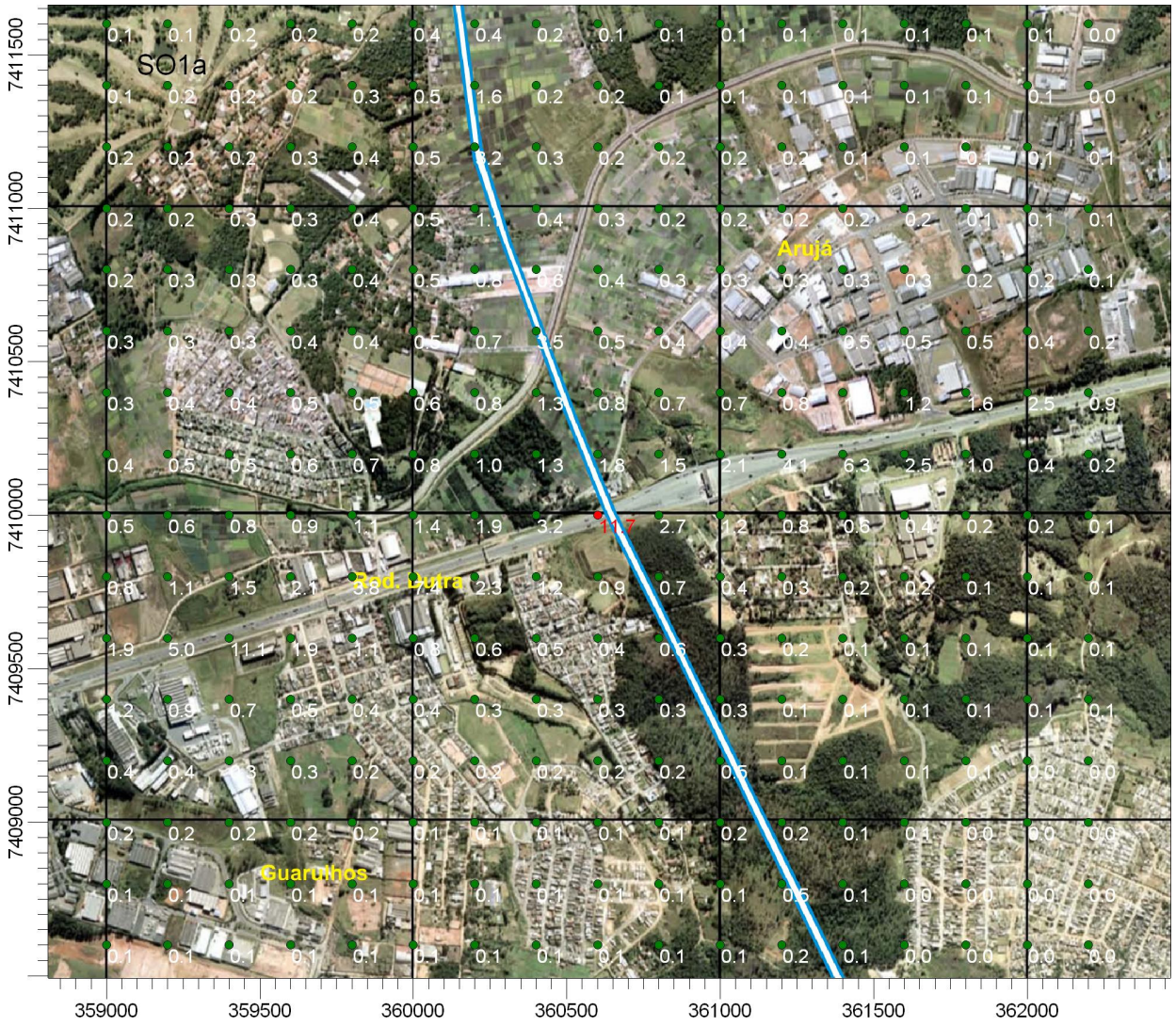
Trecho 06, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de SO_2 (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: SO_2
Período: 24 horas
Padrão Primário: 365 µg/m³
Padrão Secundário: 100 µg/m³



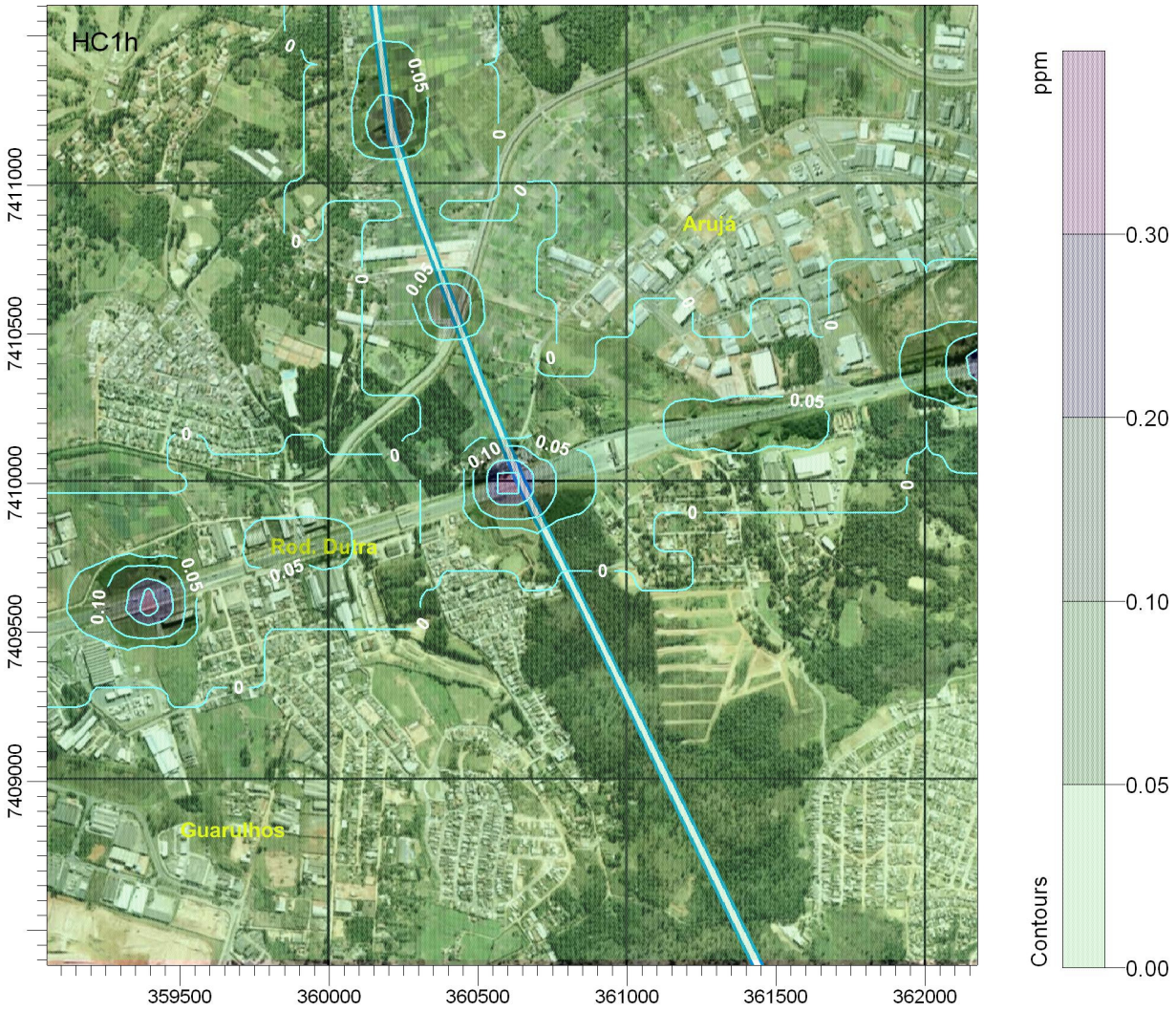
Trecho 06, Cenário 2.024: Concentração de SO_2 (µg/m³), Período – Anual

Poluente: SO_2
Período: Anual
Padrão Primário: 80 µg/m³
Padrão Secundário: 40 µg/m³



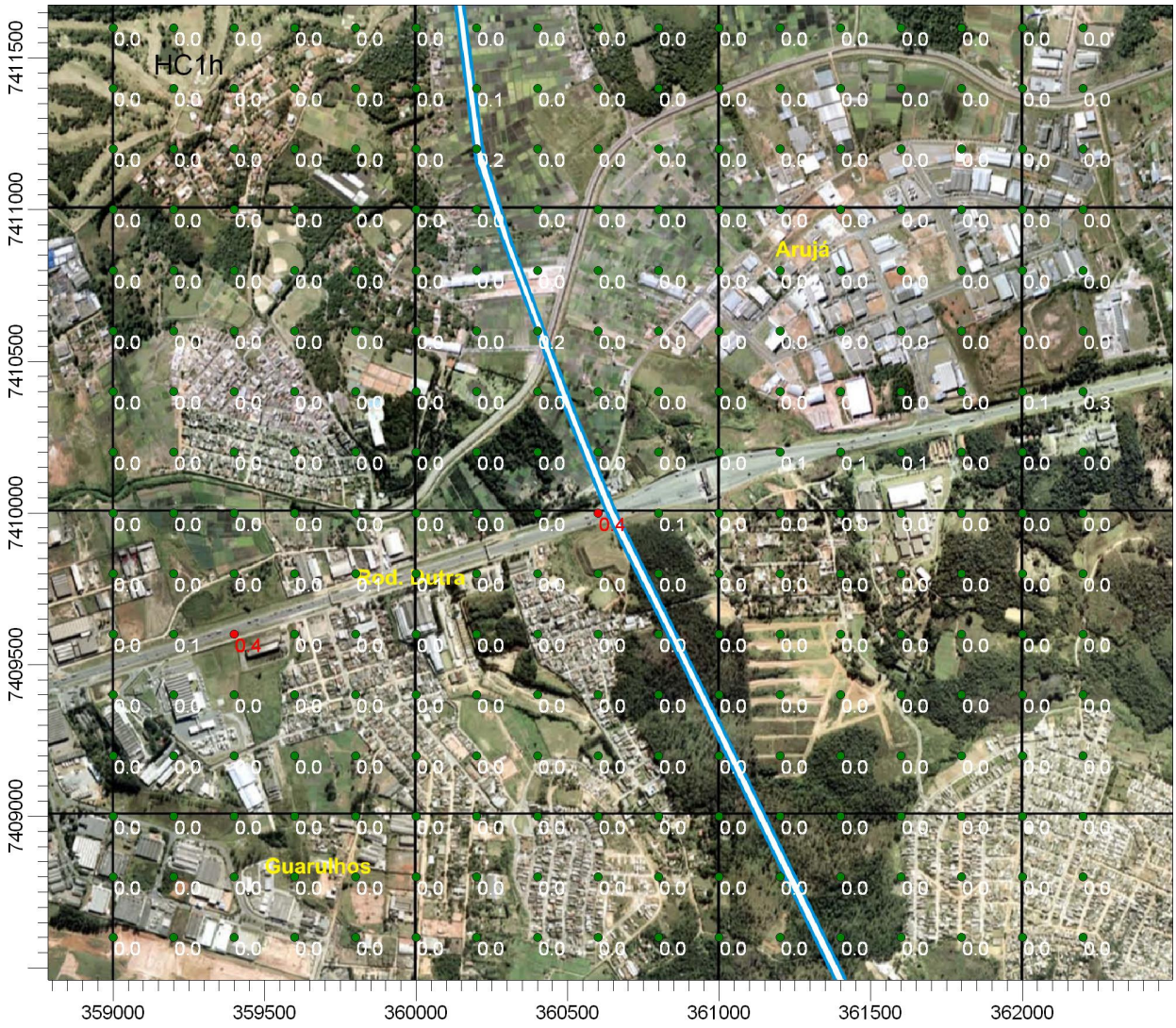
Trecho 06, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de SO_2 (µg/m³), Período – Anual

Poluente: SO_2
Período: Anual
Padrão Primário: 80 µg/m³
Padrão Secundário: 40 µg/m³



Trecho 06, Cenário 2.024: Concentração de HC (ppm), Período – 1 hora

Poluente: HC (como Hexano)
Período: 1 hora
Padrão Primário: -

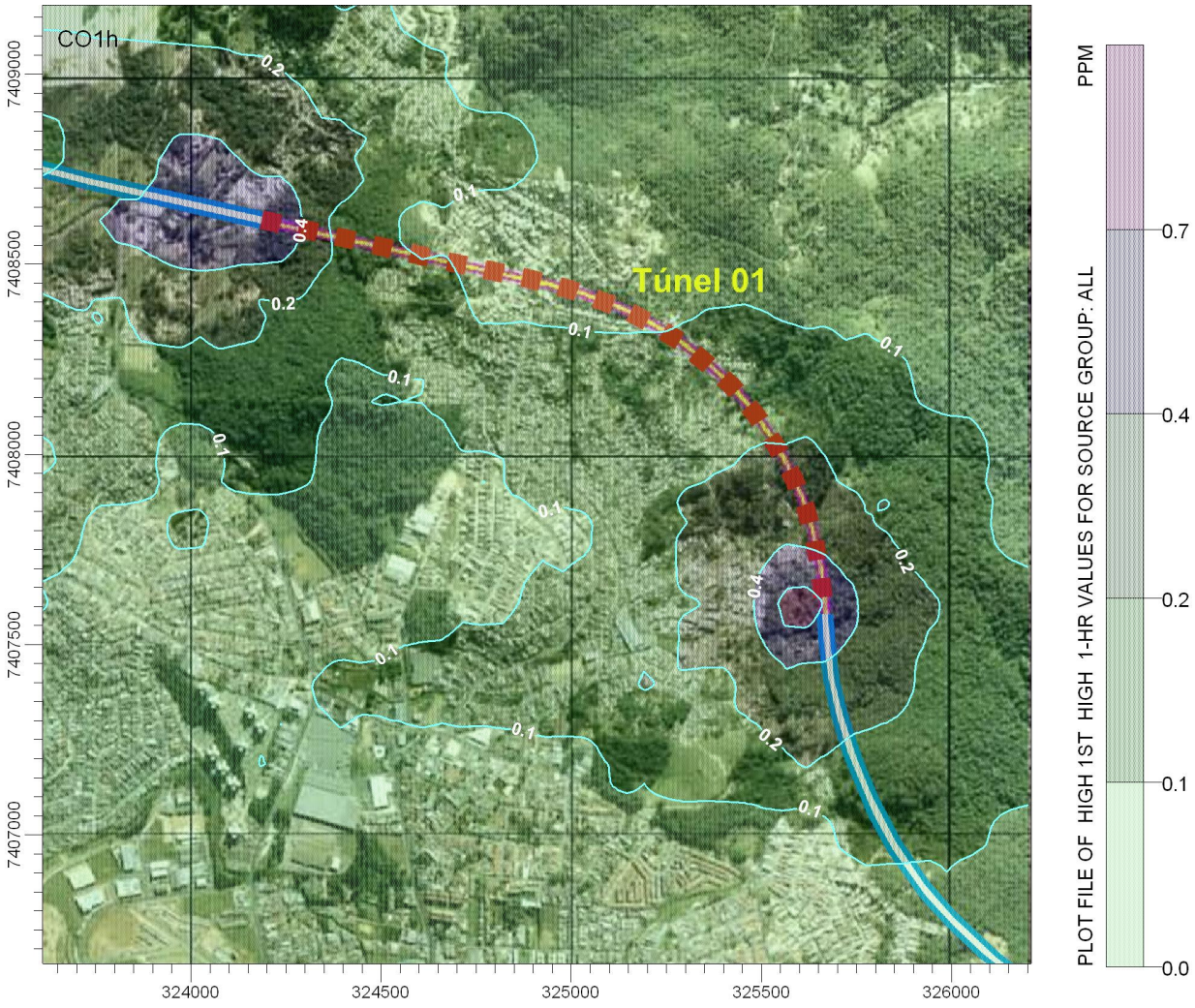


Trecho 06, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de HC (ppm), Período – 1 hora

Poluente: HC (como Hexano)
Período: 1 hora
Padrão Primário: -

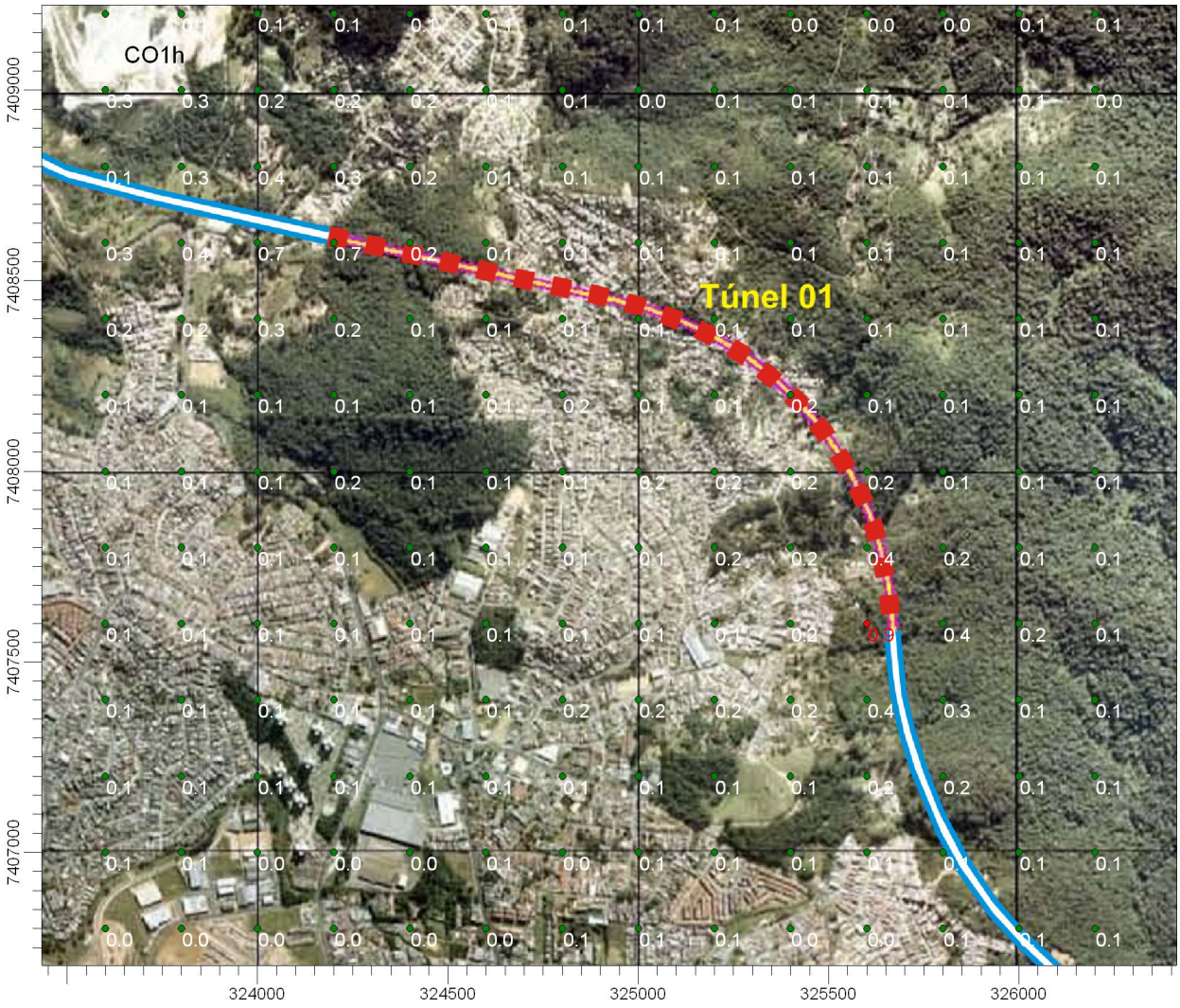
Anexo IV

Gráficos de Isoconcentrações dos Túneis 01 a 06
Cenários: 2.014 e 2.024



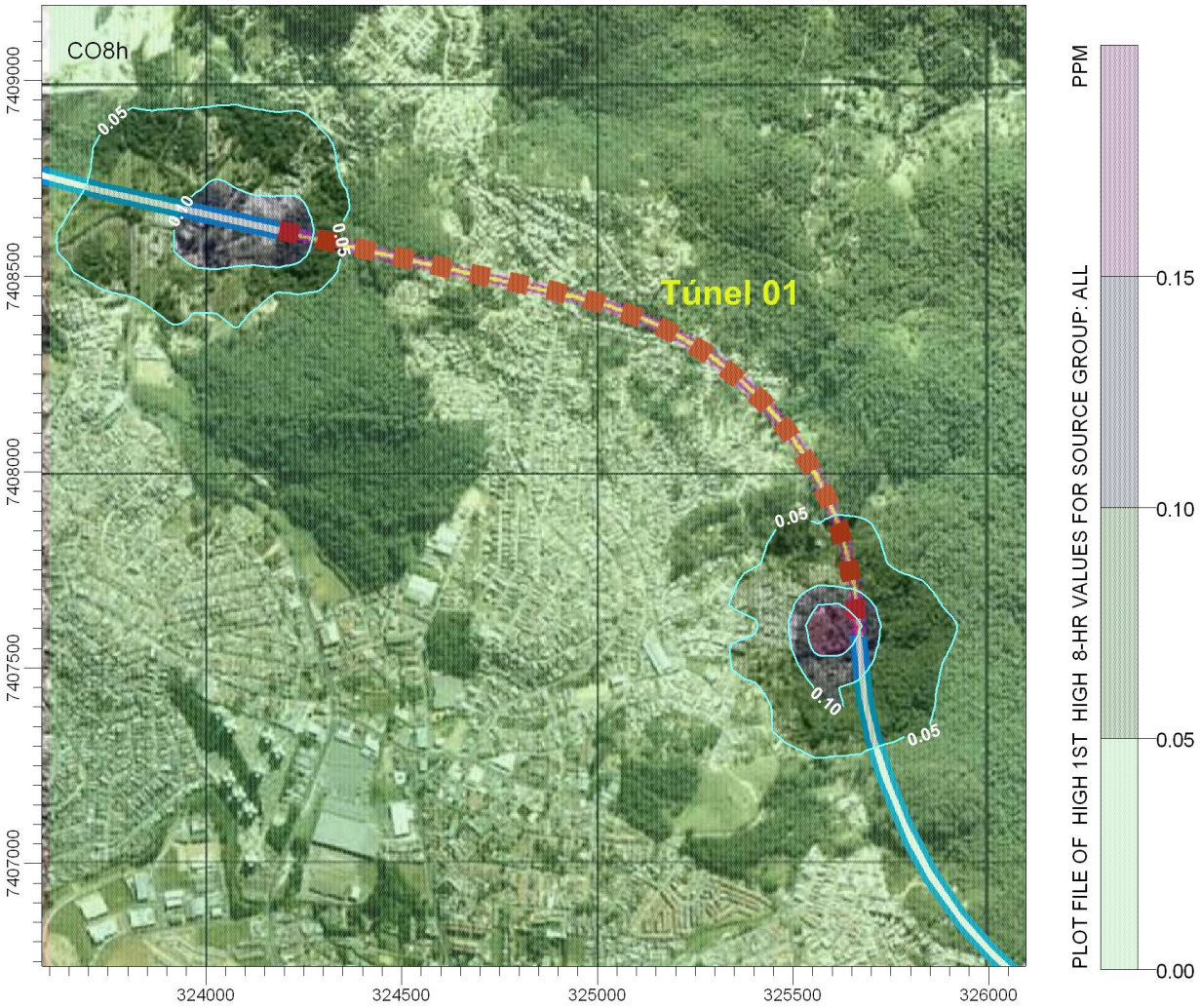
Túnel 01, Cenário 2.014: Concentração de CO (ppm), Período – 1 hora

Poluente: CO
Período: 1 hora
Padrão Primário: 40.000 µg/m³ (34,9 ppm)



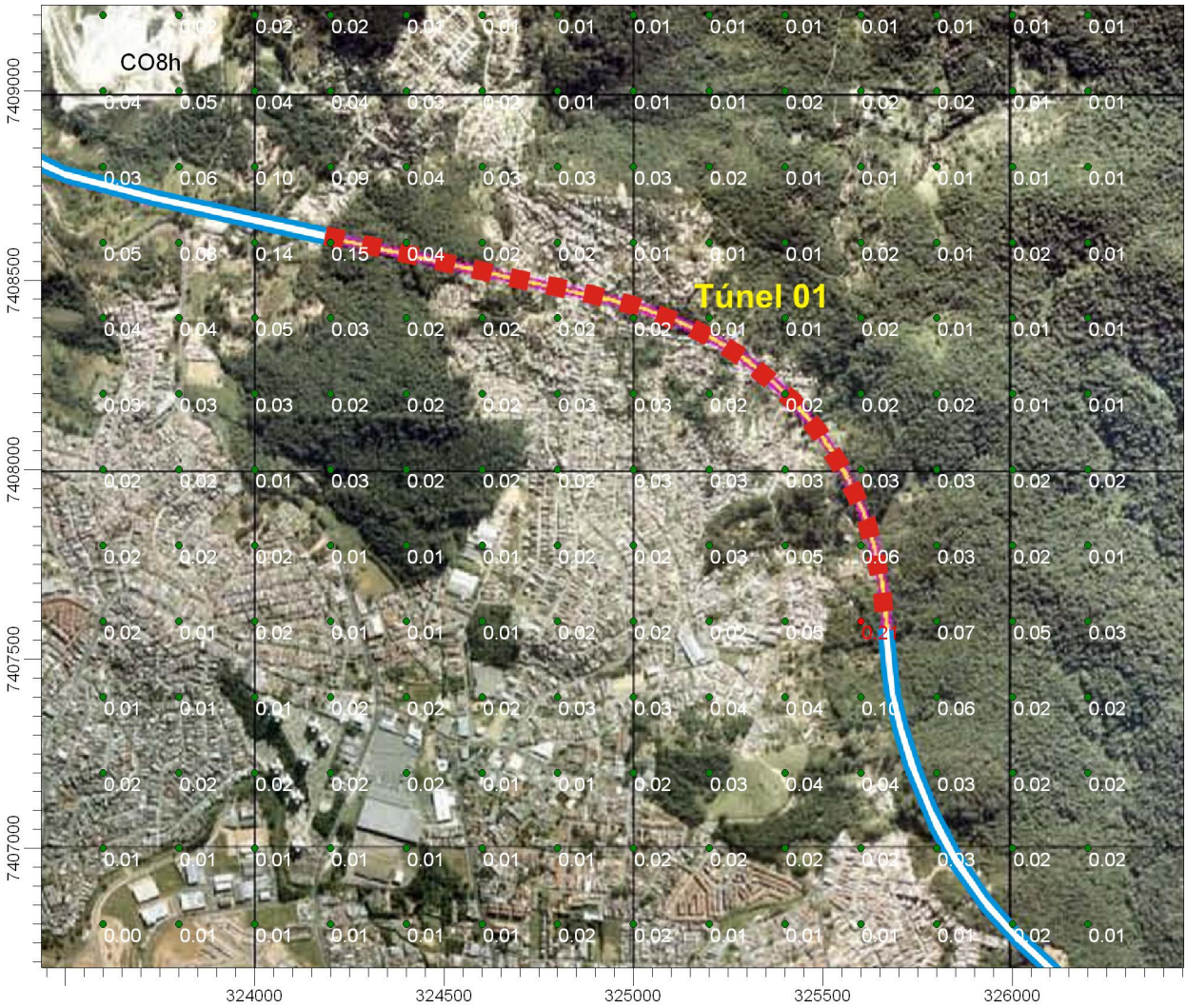
Túnel 01, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de CO (ppm), Período – 1 hora

Poluente: CO
Período: 1 hora
Padrão Primário: 40.000 µg/m³ (34,9 ppm)



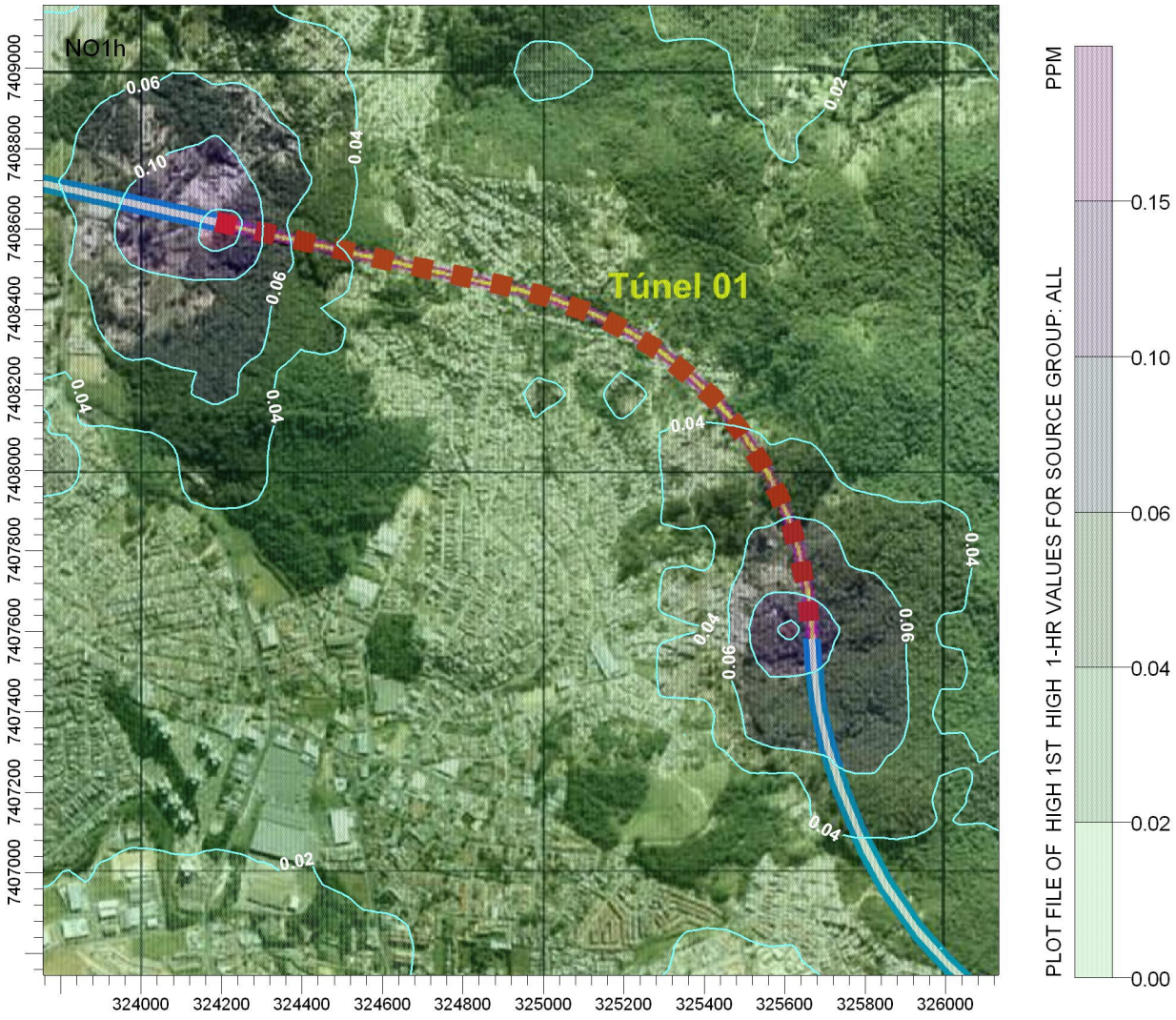
Túnel 01, Cenário 2.014: de CO (ppm), Período – 8 horas

Poluente: CO
Período: 8 horas
Padrão Primário: 10.000 µg/m³ (8,7 ppm)



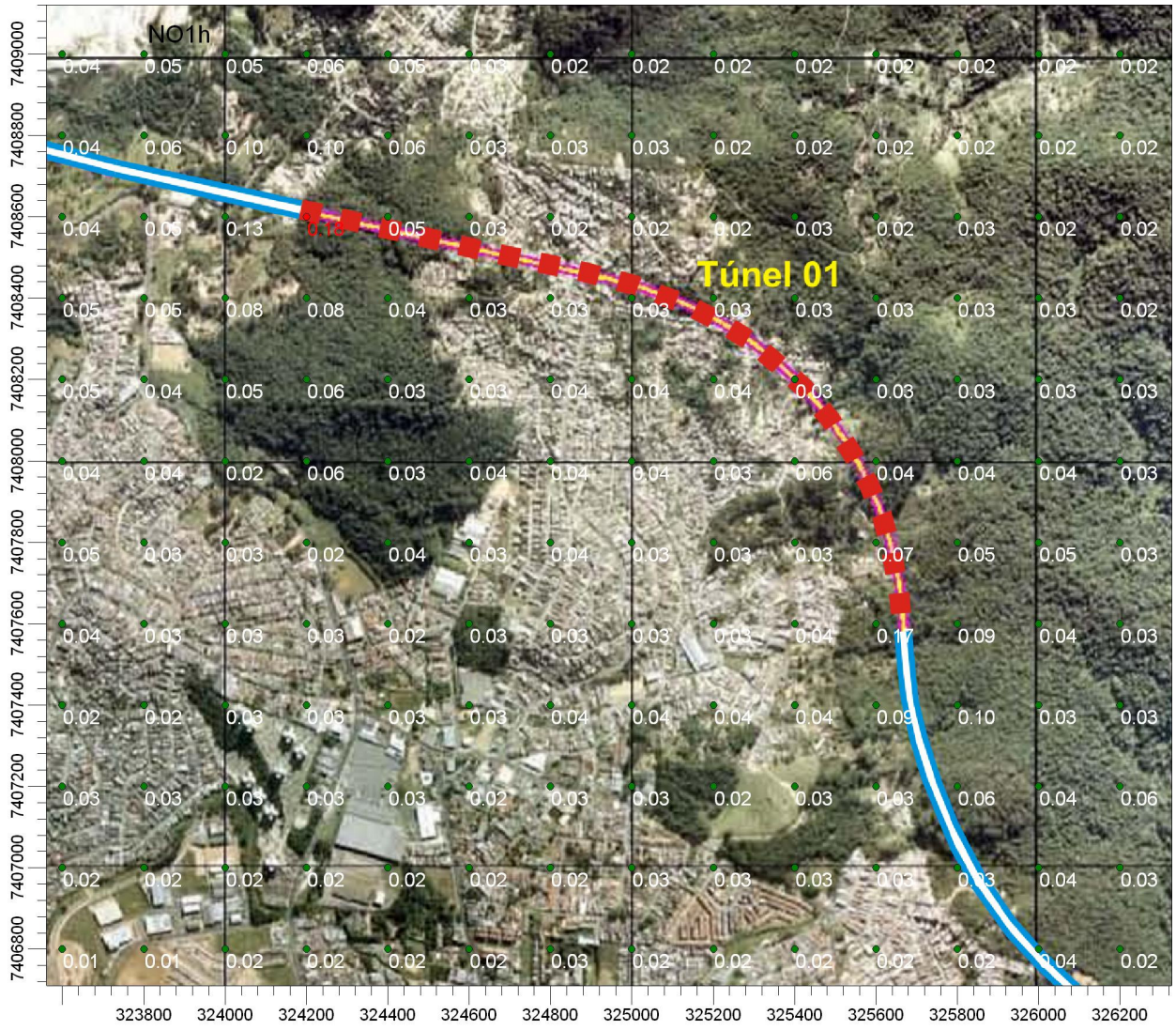
Túnel 01, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de CO (ppm), Período – 8 horas

Poluente: CO
Período: 8 horas
Padrão Primário: 10.000 µg/m³ (8,7 ppm)



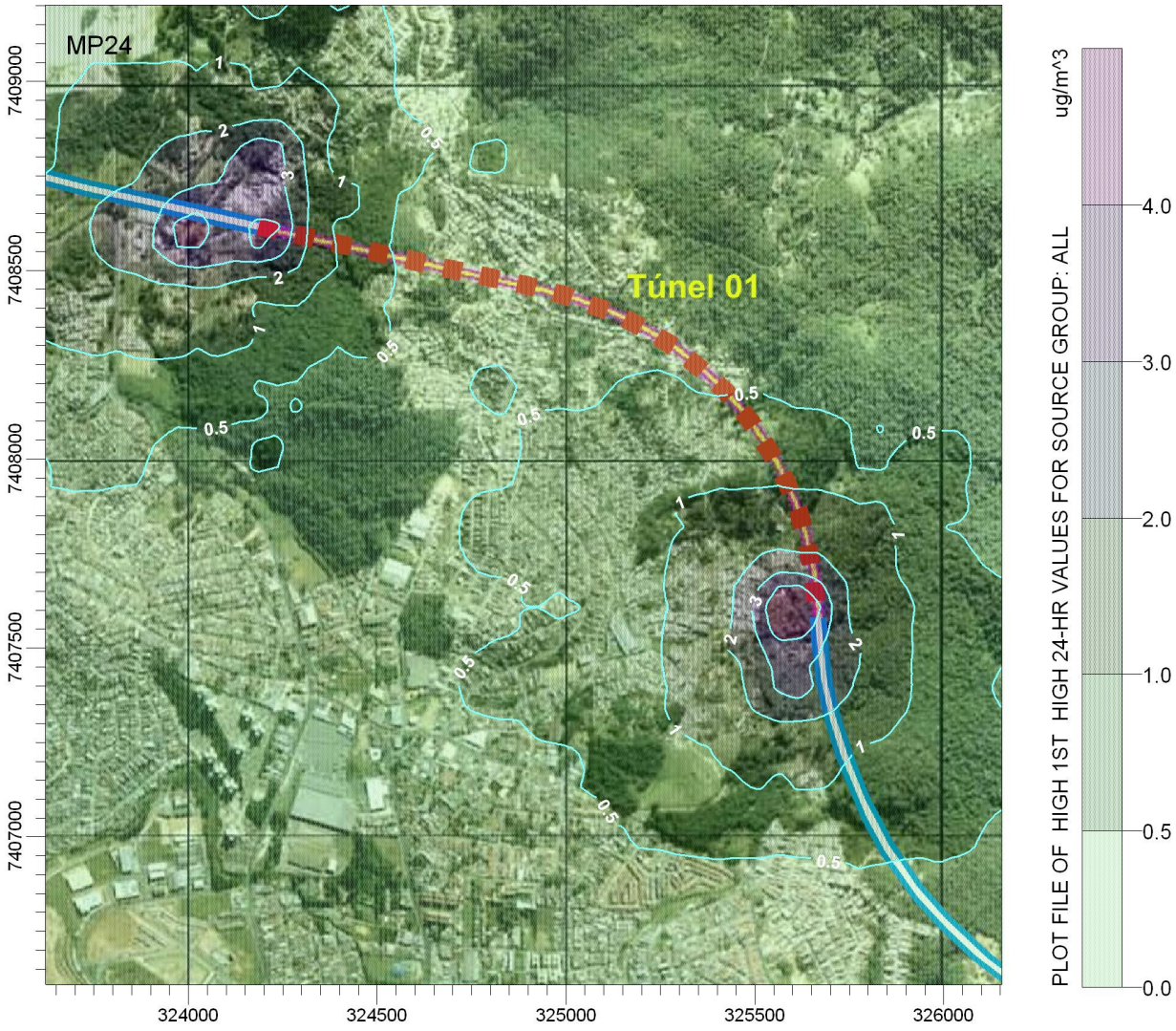
Túnel 01, Cenário 2.014: Concentração de NO_2 (ppm), Período – 1 hora

Poluente: NO_2
Período: 1 hora
Padrão Primário: 320 µg/m³ (0,17 ppm)



Túnel 01, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de NO_2 (ppm), Período – 1 hora

Poluente: NO_2
Período: 1 hora
Padrão Primário: 320 µg/m³ (0,17 ppm)

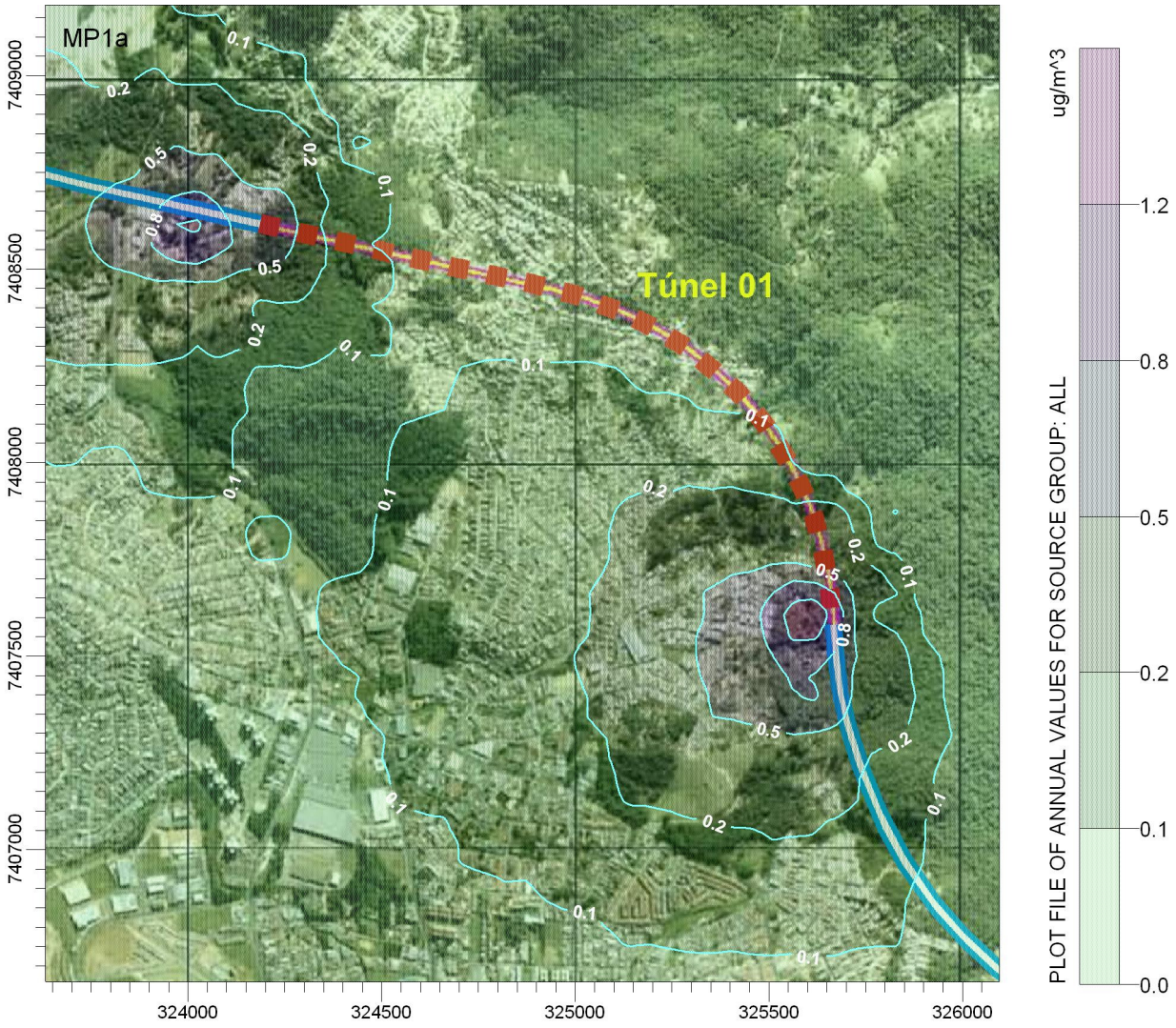


Túnel 01, Cenário 2.014: Concentração de MP (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: PI
Período: 24 horas
Padrão Primário: 150 µg/m³

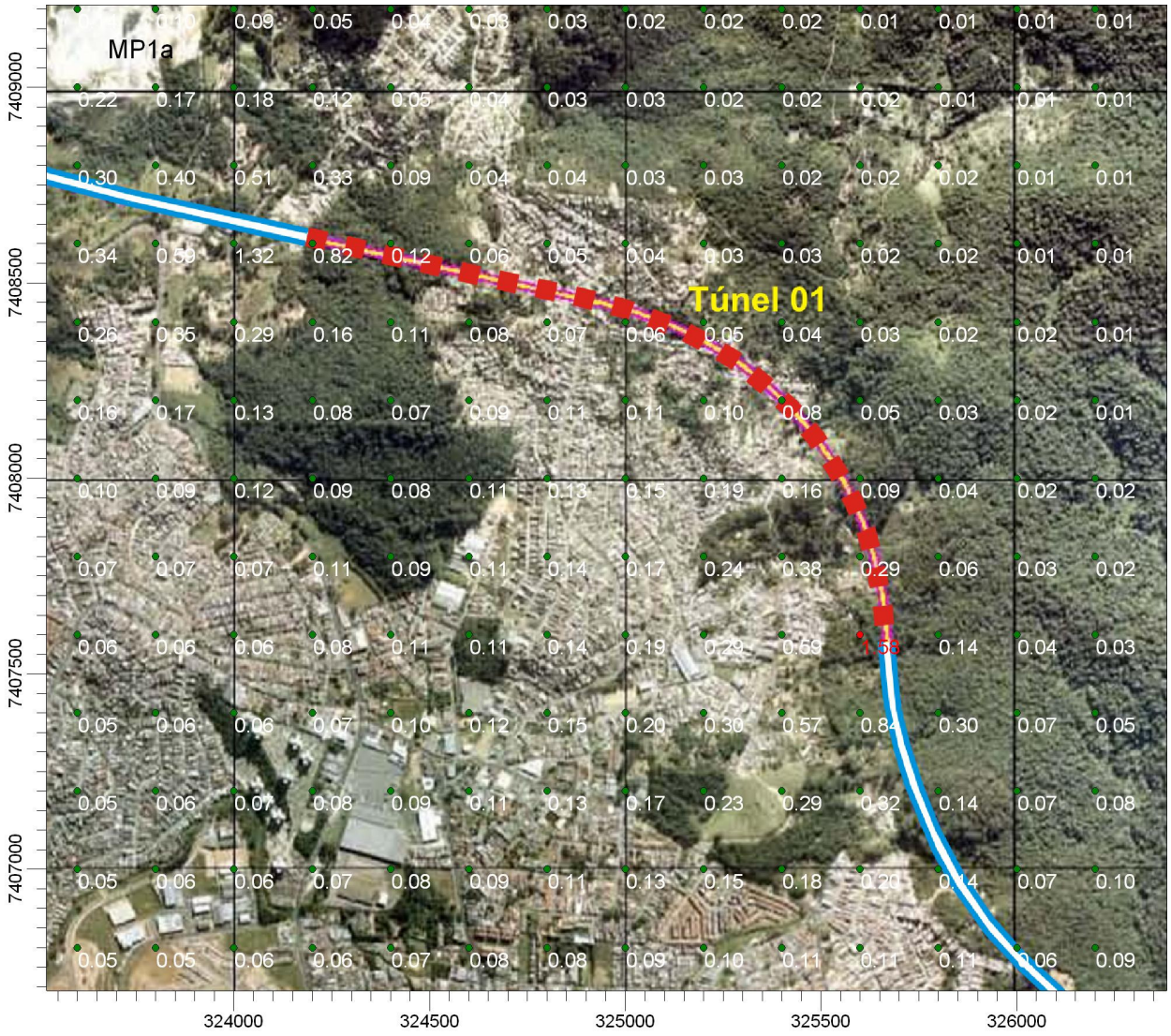
Túnel 01, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de MP (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: PI
Período: 24 horas
Padrão Primário: 150 µg/m³



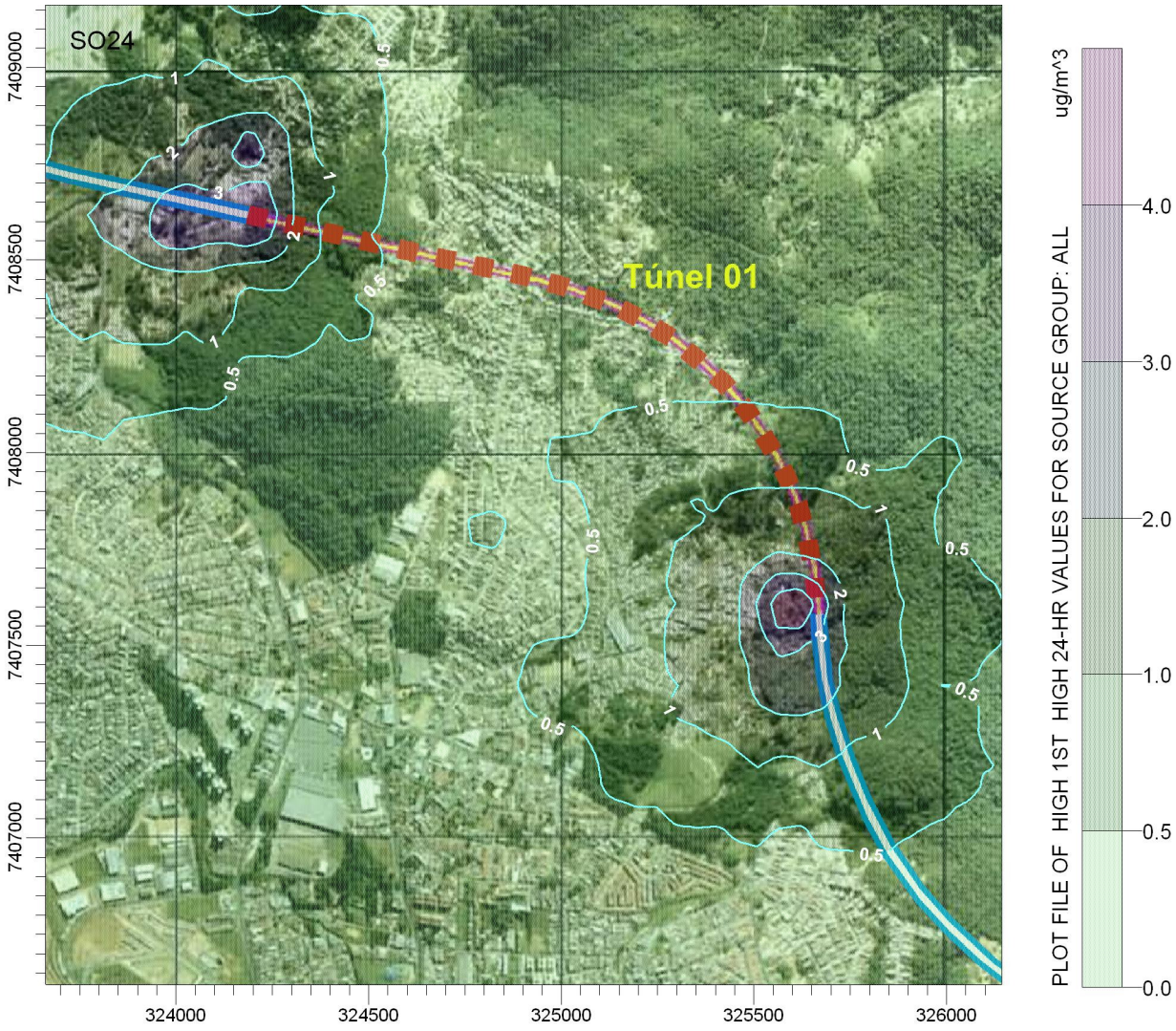
Túnel 01, Cenário 2.014: Concentração de MP (µg/m³), Período – Anual

Poluente: PI
Período: Anual
Padrão Primário: 50 µg/m³



Túnel 01, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de MP (µg/m³), Período – Anual

Poluente: PI
Período: Anual
Padrão Primário: 50 µg/m³

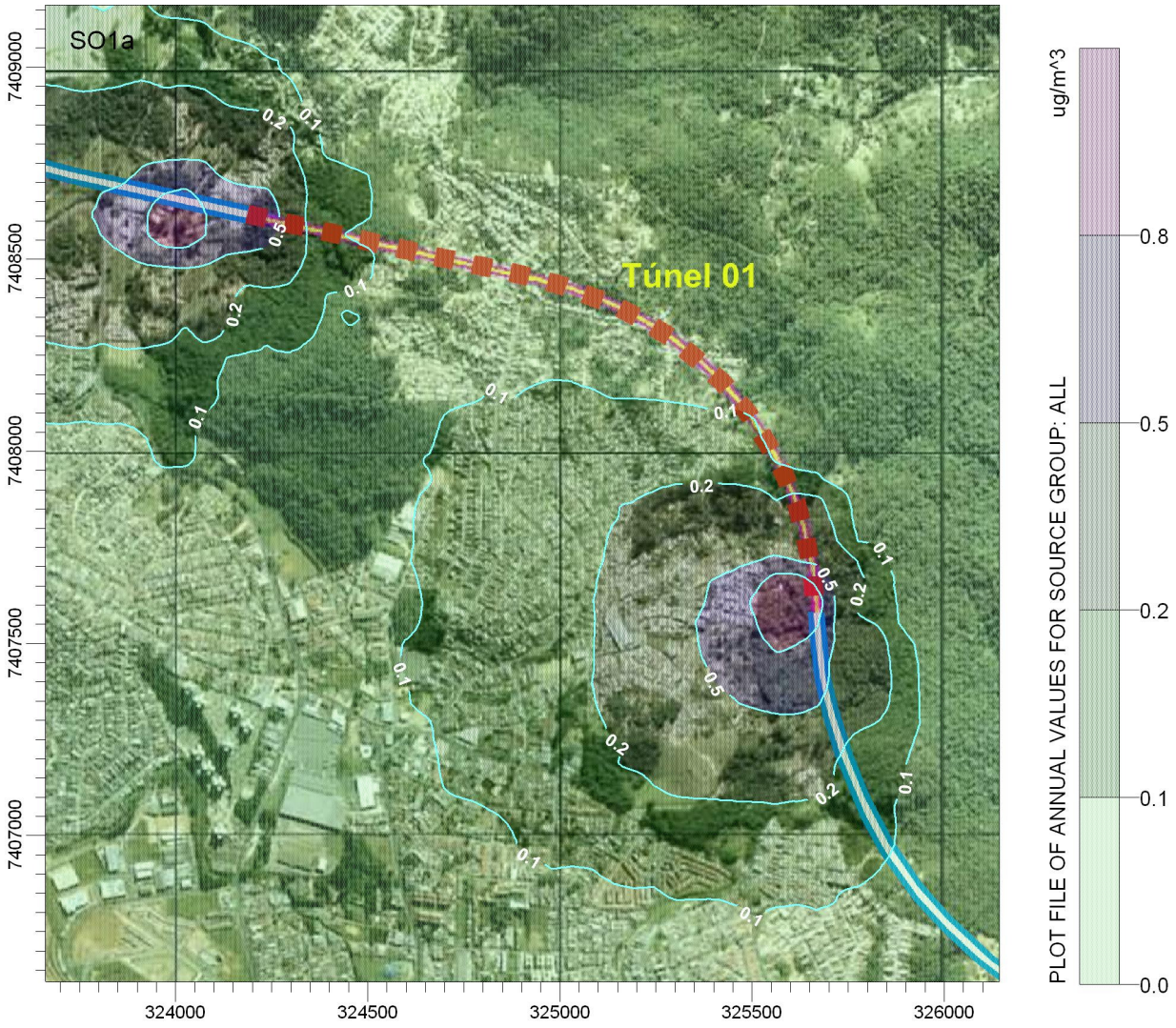


Túnel 01, Cenário 2.014: Concentração de SO_2 (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: SO_2
Período: 24 horas
Padrão Primário: 365 µg/m³
Padrão Secundário: 100 µg/m³

Túnel 01, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de SO_2 (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: SO_2
Período: 24 horas
Padrão Primário: 365 µg/m³
Padrão Secundário: 100 µg/m³

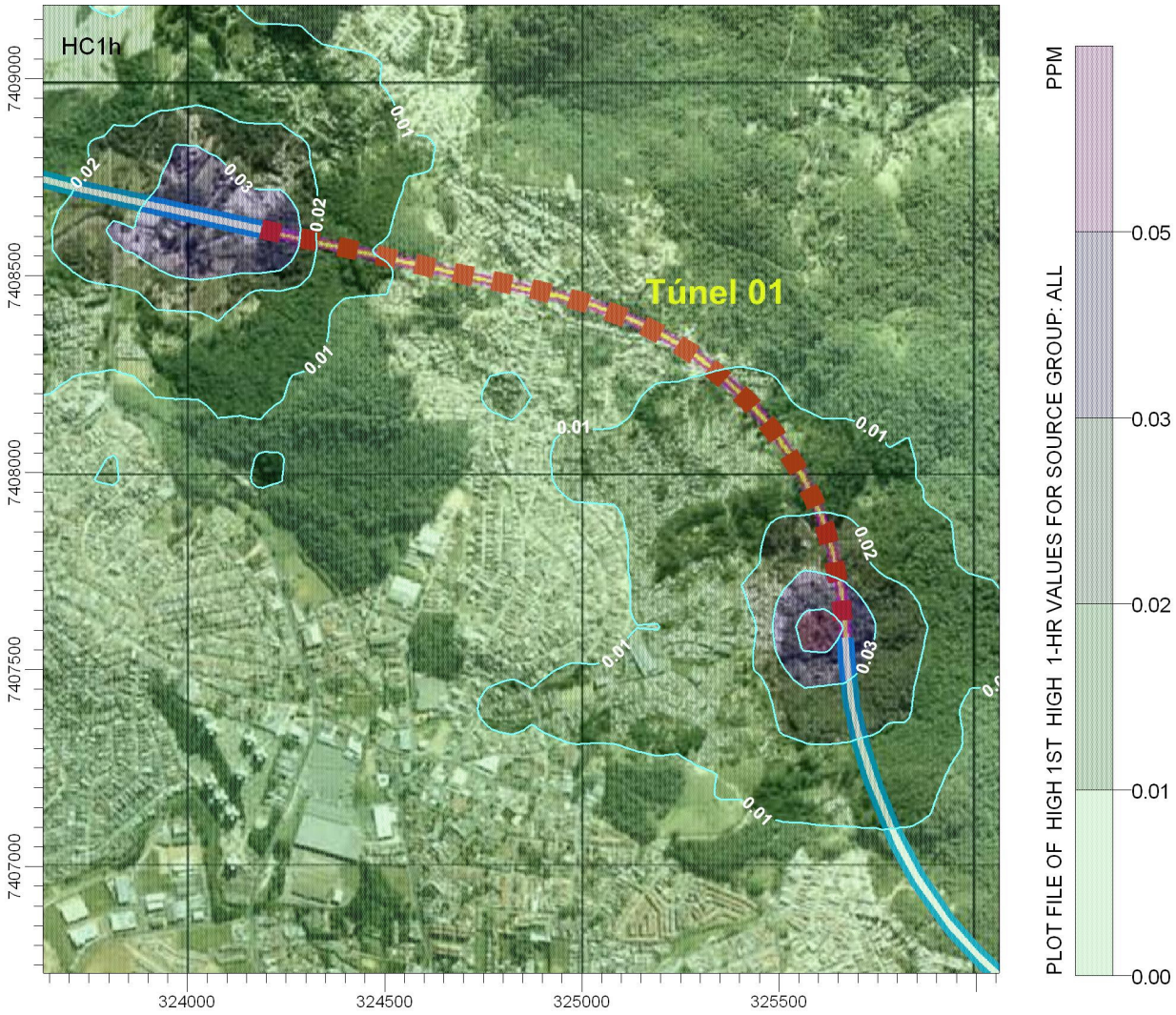


Túnel 01, Cenário 2.014: Concentração de SO_2 (µg/m³), Período – Anual

Poluente: SO_2
Período: Anual
Padrão Primário: 80 µg/m³
Padrão Secundário: 40 µg/m³

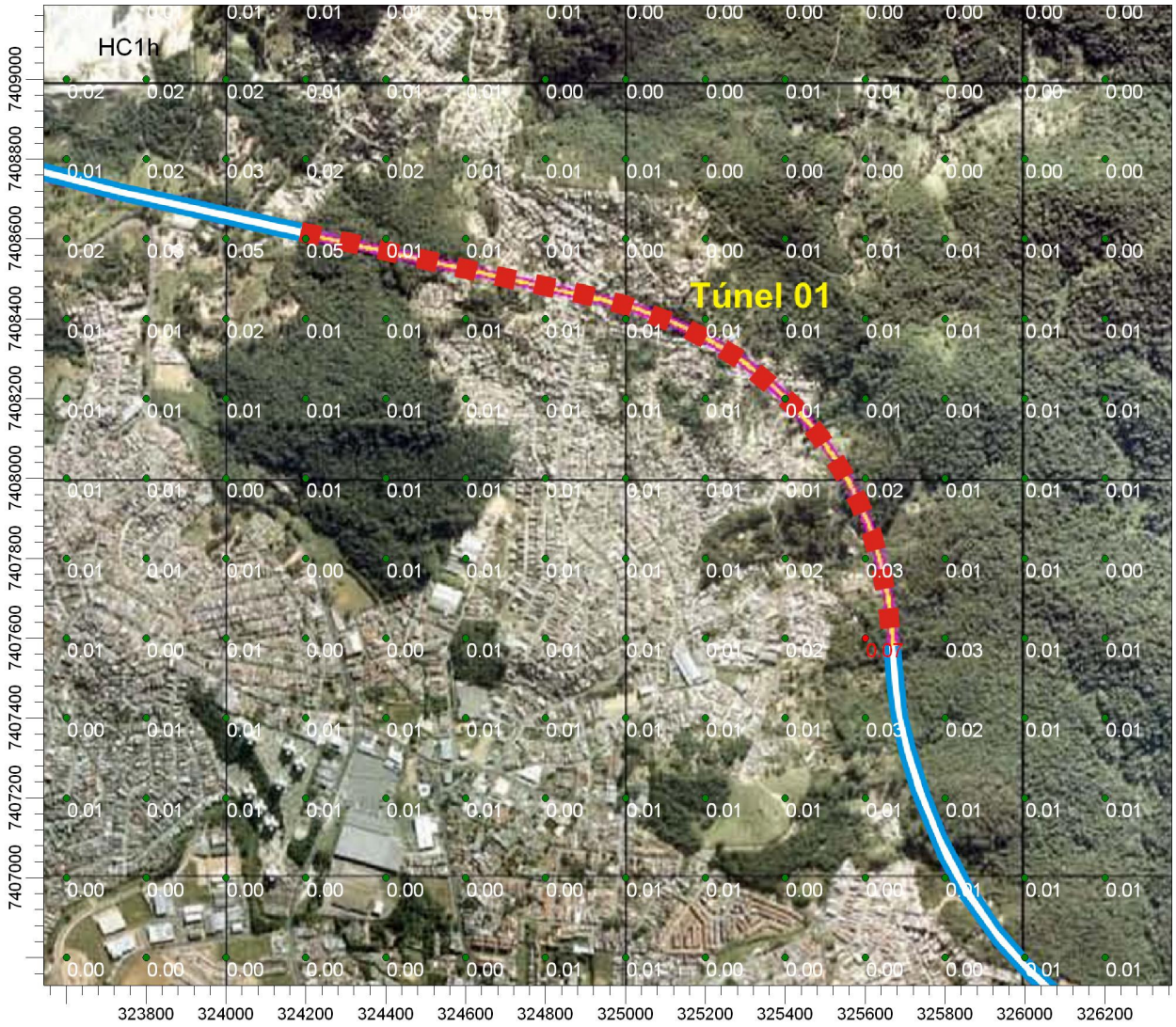
Túnel 01, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de SO_2 (µg/m³), Período – Anual

Poluente: SO_2
Período: Anual
Padrão Primário: 80 µg/m³
Padrão Secundário: 40 µg/m³



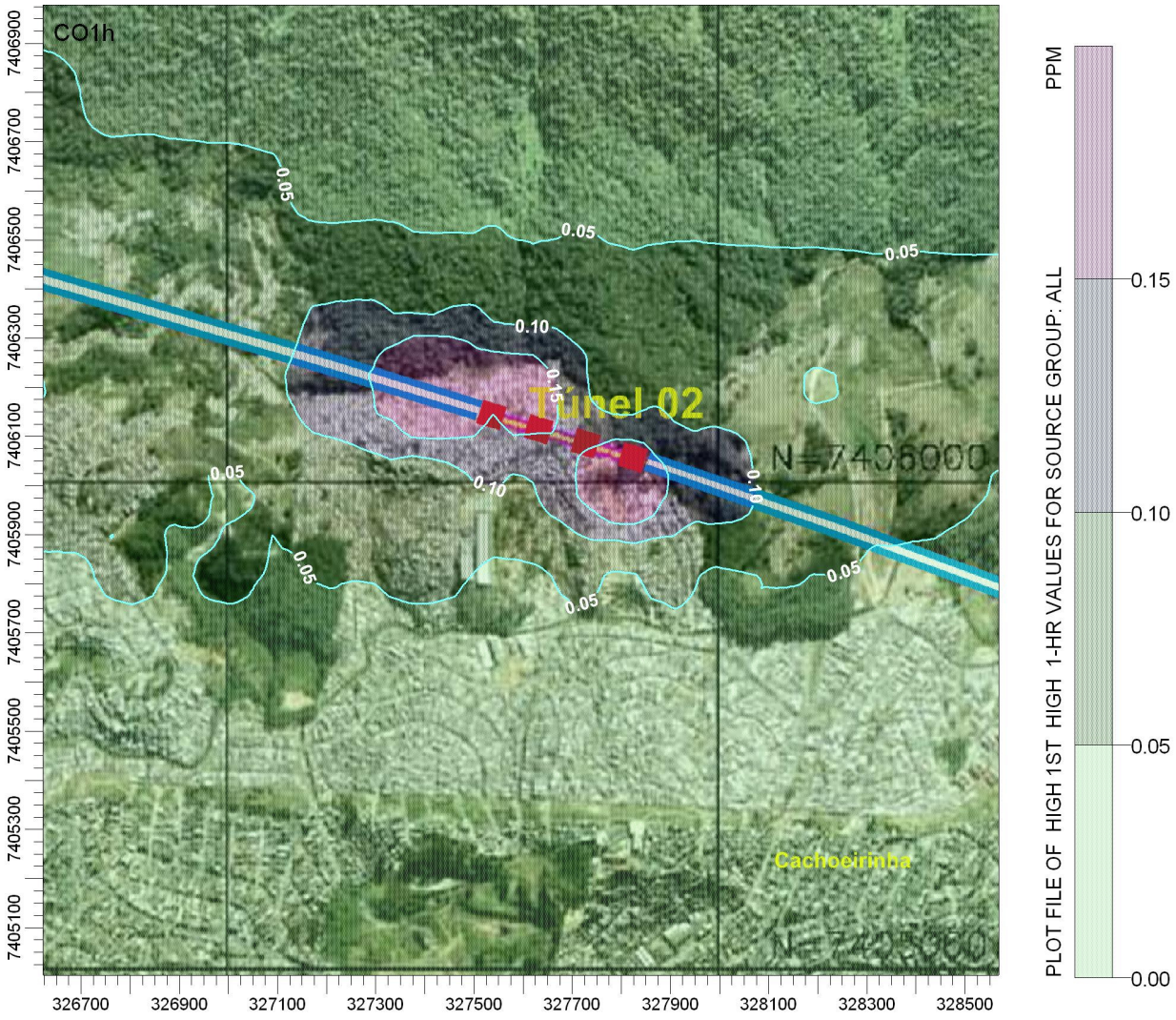
Túnel 01, Cenário 2.014: Concentração de HC (ppm), Período – 1 hora

Poluente: HC (como hexano)
Período: 1 hora
Padrão Primário: -



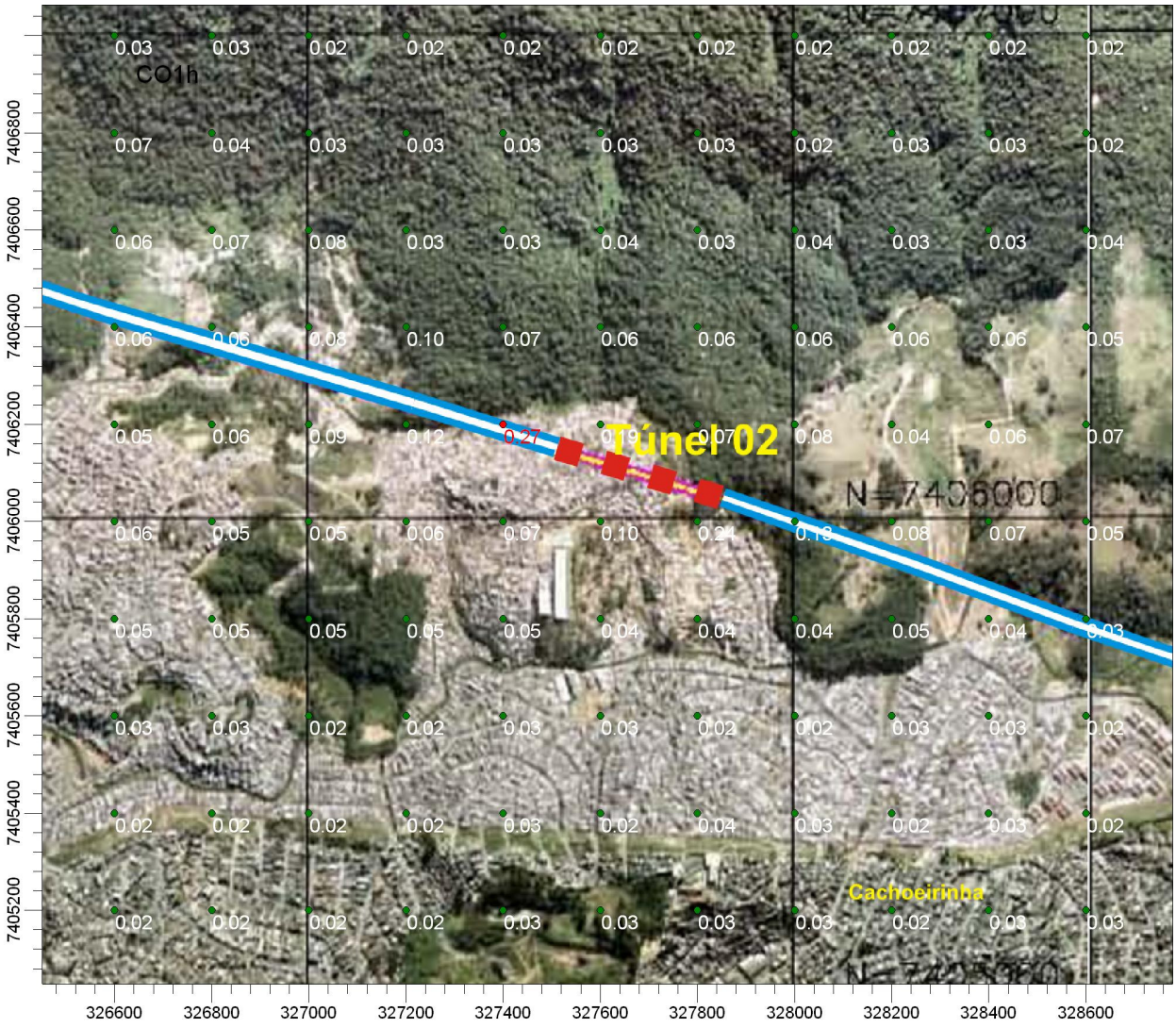
Túnel 01, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de HC (ppm), Período – 1 hora

Poluente: HC (como hexano)
Período: 1 hora
Padrão Primário: -



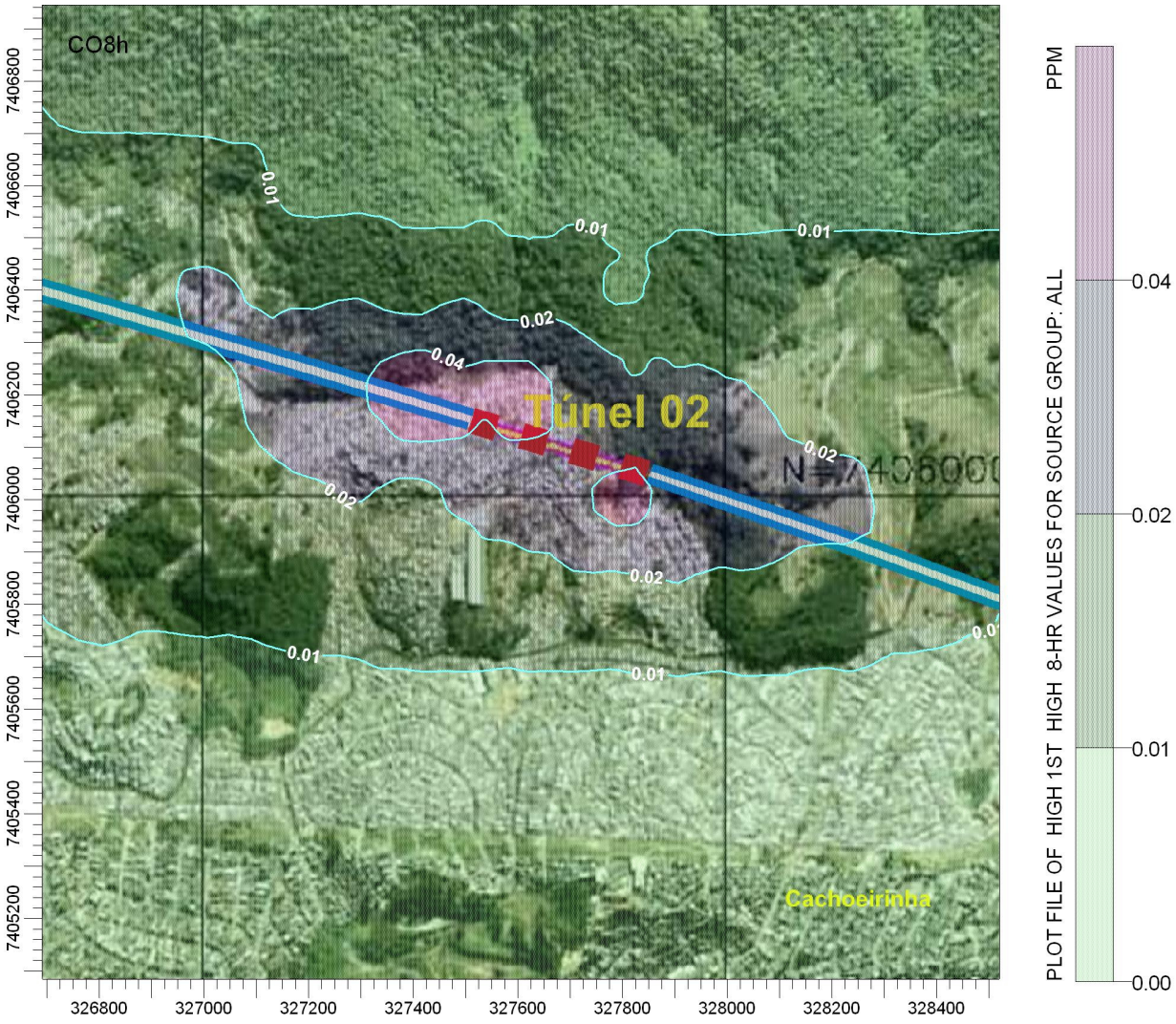
Túnel 02, Cenário 2.014: Concentração de CO (ppm), Período – 1 hora

Poluente: CO
Período: 1 hora
Padrão Primário: 40.000 µg/m³ (34,9 ppm)



Túnel 02, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de CO (ppm), Período – 1 hora

Poluente: CO
Período: 1 hora
Padrão Primário: 40.000 µg/m³ (34,9 ppm)

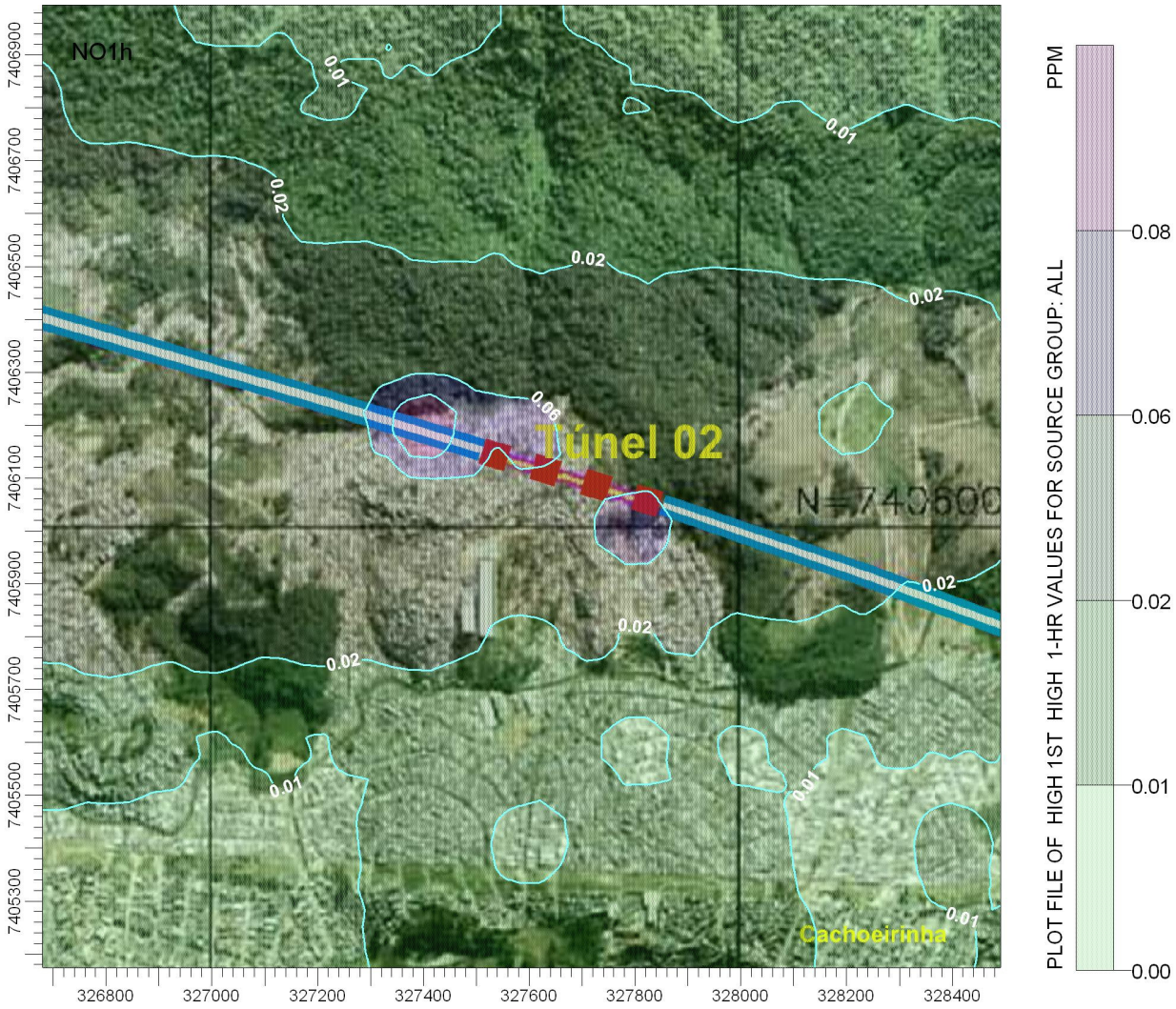


Túnel 02, Cenário 2.014: Concentração de CO (ppm), Período – 8 horas

Poluente: CO
Período: 8 horas
Padrão Primário: 10.000 µg/m³ (8,7 ppm)

Túnel 02, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de CO (ppm), Período – 8 horas

Poluente: CO
Período: 8 horas
Padrão Primário: 10.000 µg/m³ (8,7 ppm)

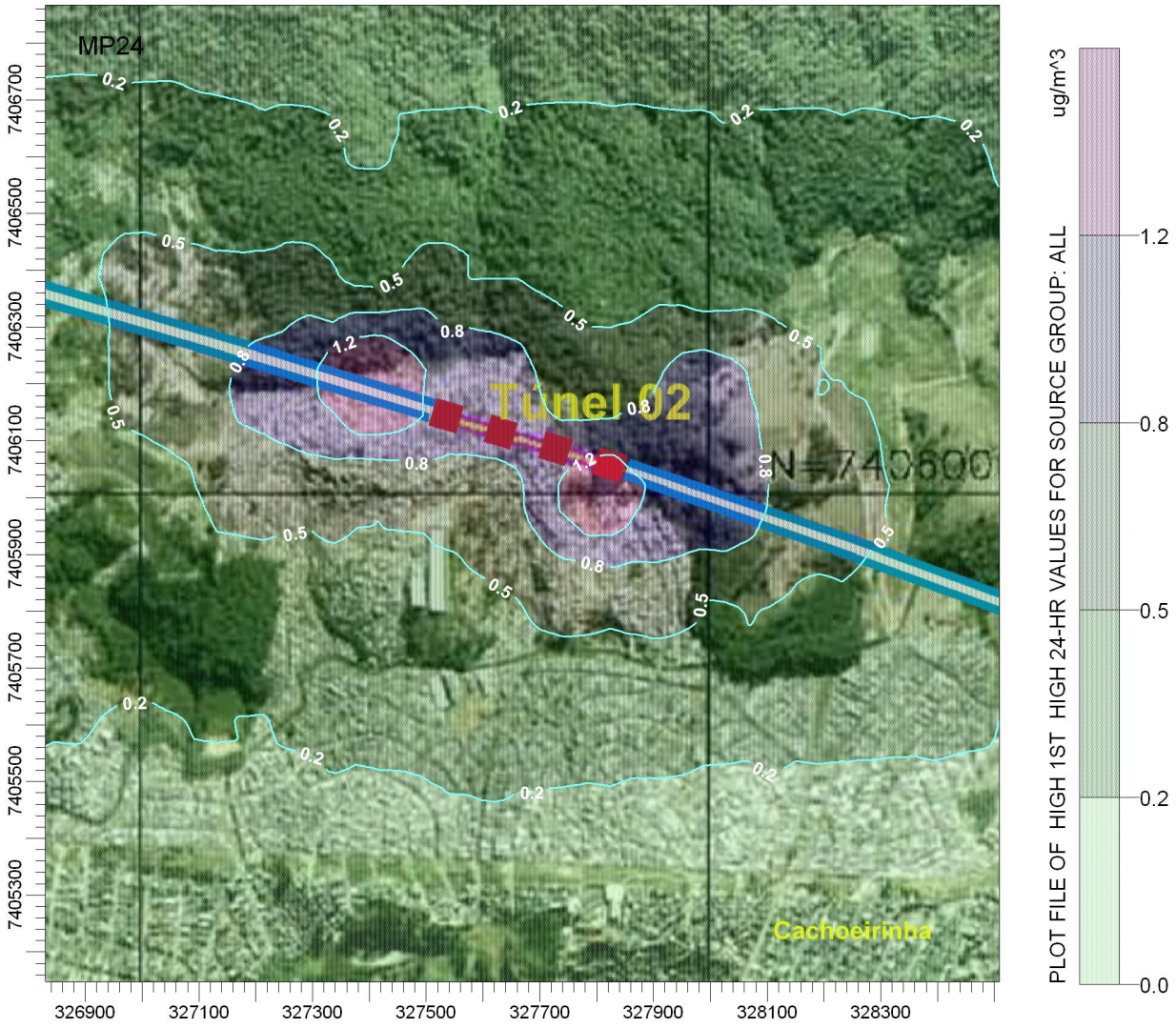


Túnel 02, Cenário 2.014: Concentração de NO_2 (ppm), Período – 1 hora

Poluente: NO_2
Período: 1 hora
Padrão Primário: 320 µg/m³ (0,17 ppm)

Túnel 02, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de NO_2 (ppm), Período – 1 hora

Poluente: NO_2
Período: 1 hora
Padrão Primário: 320 µg/m³ (0,17 ppm)

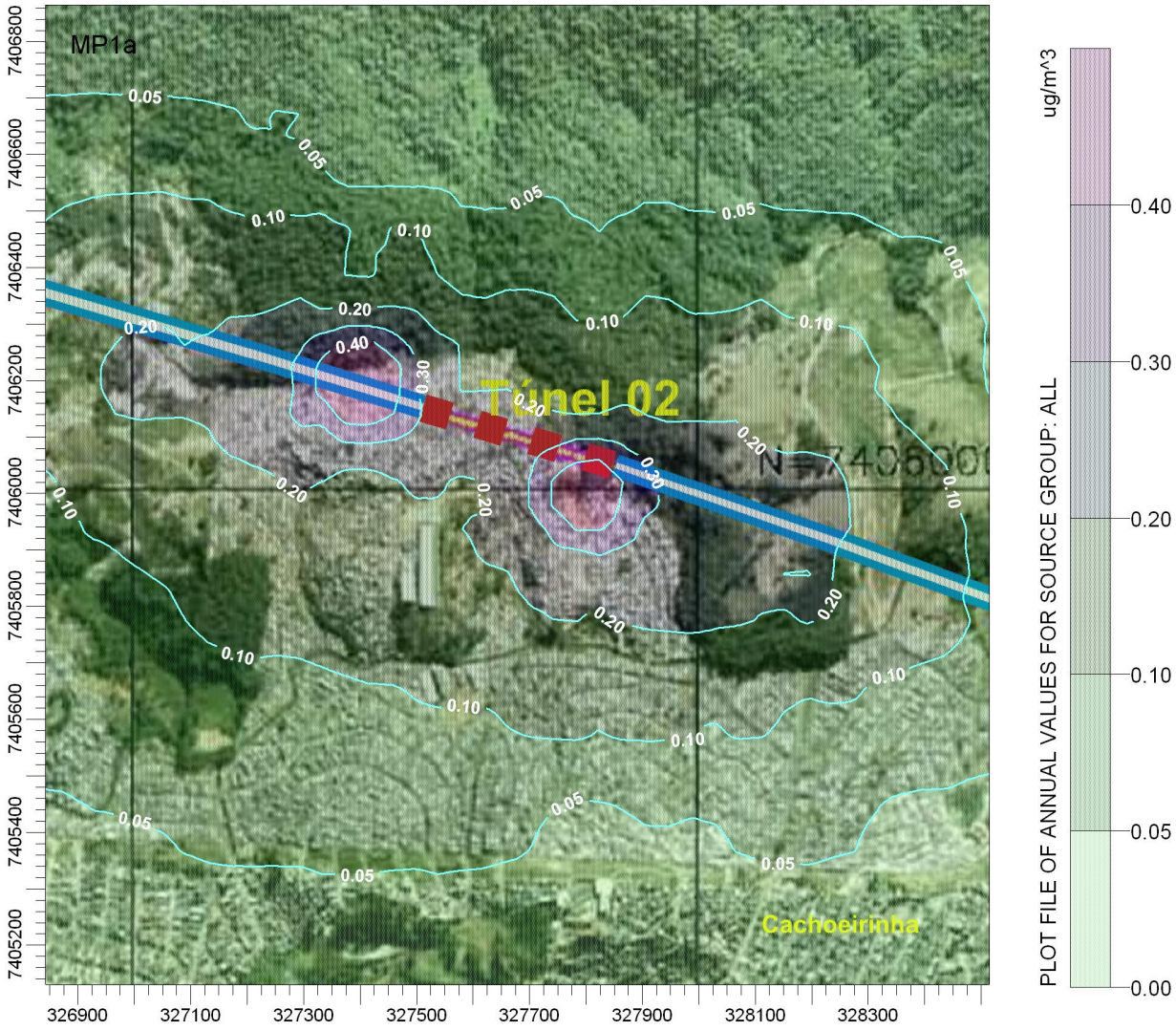


Túnel 02, Cenário 2.014: Concentração de MP (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: PI
Período: 24 horas
Padrão Primário: 150 µg/m³

Túnel 02, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de MP (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: PI
Período: 24 horas
Padrão Primário: 150 µg/m³

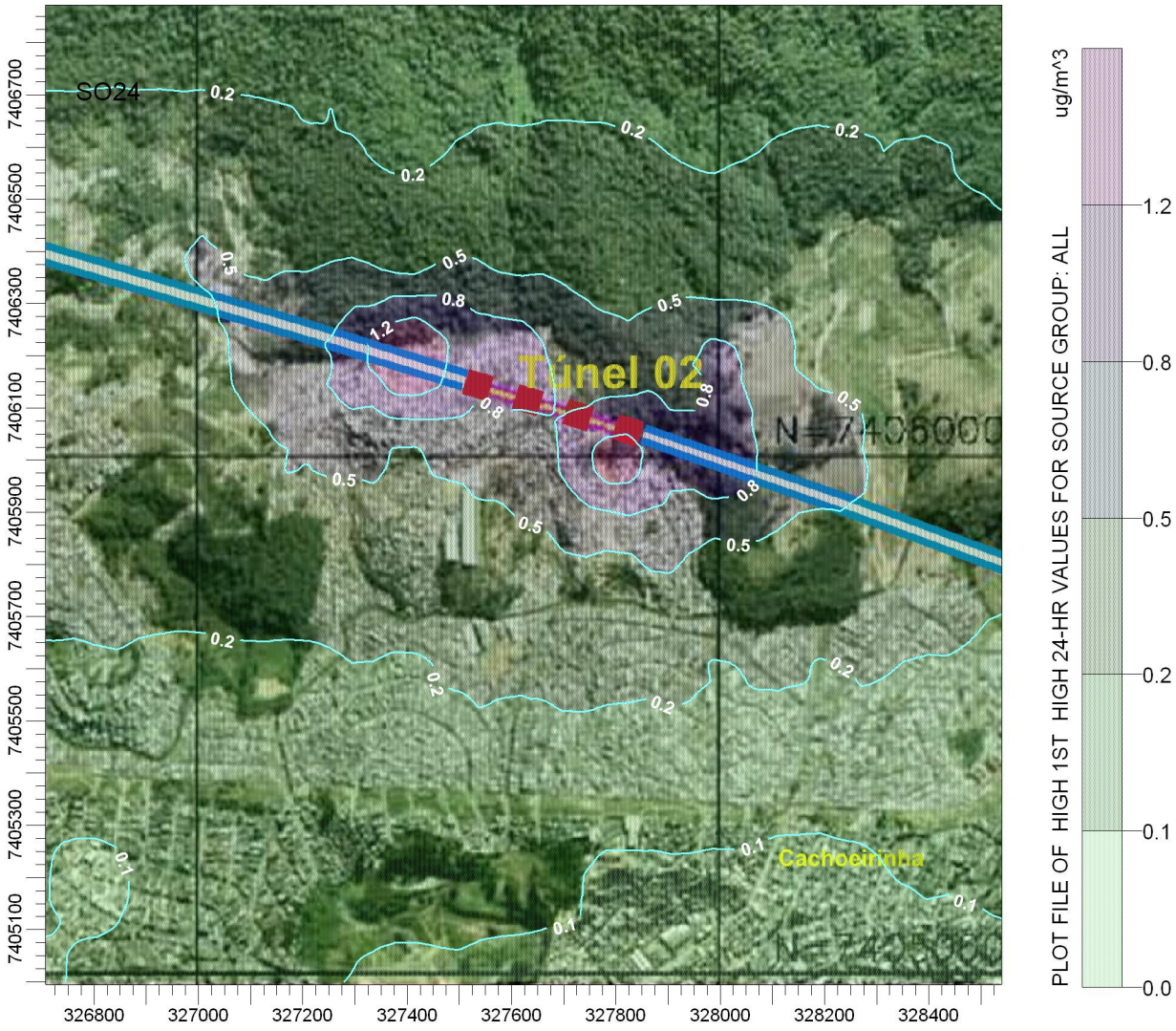


Túnel 02, Cenário 2.014: Concentração de MP (µg/m³), Período – Anual

Poluente: PI
Período: Anual
Padrão Primário: 50 µg/m³

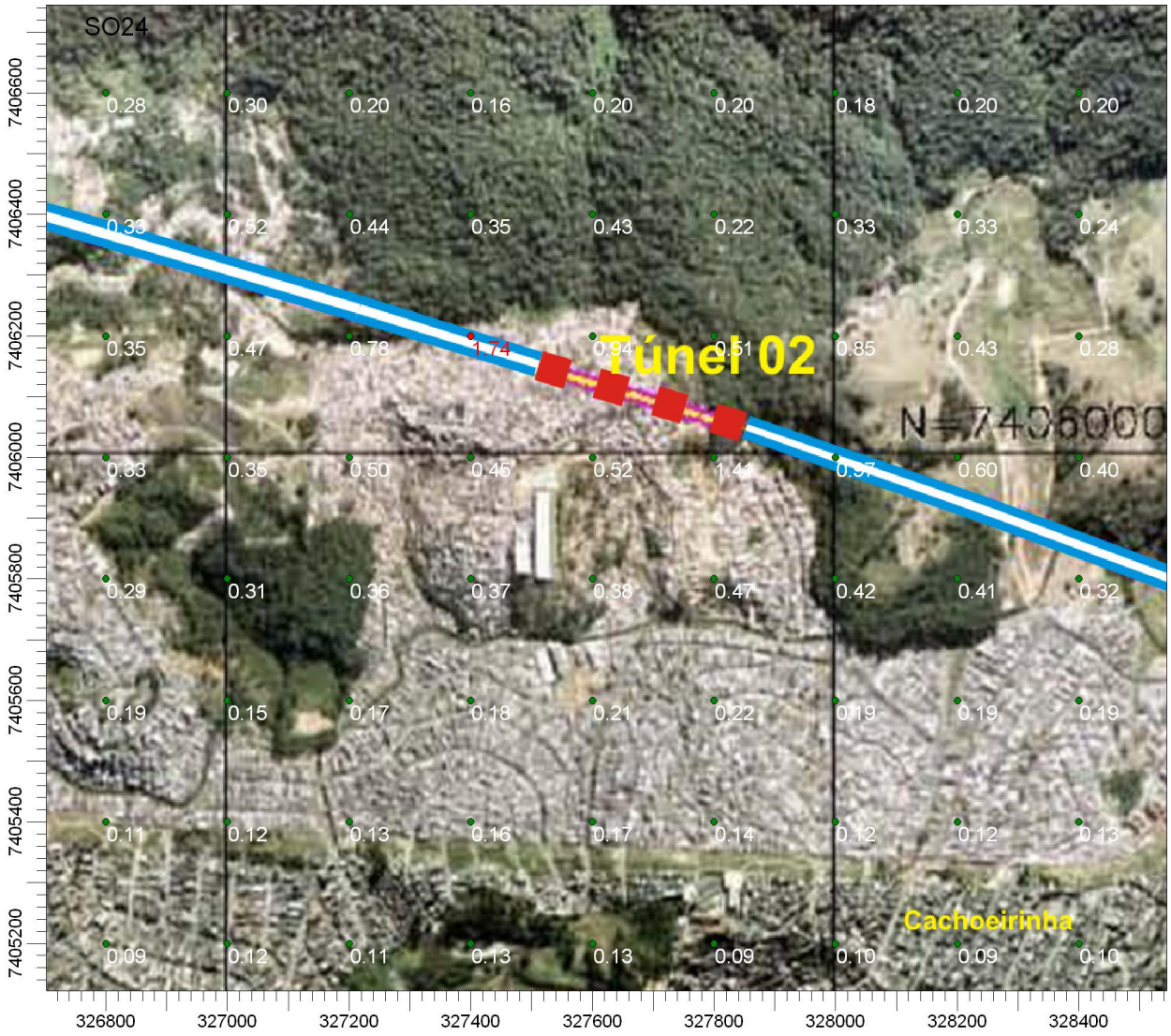
Túnel 02, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de MP (µg/m³), Período – Anual

Poluente: PI
Período: Anual
Padrão Primário: 50 µg/m³



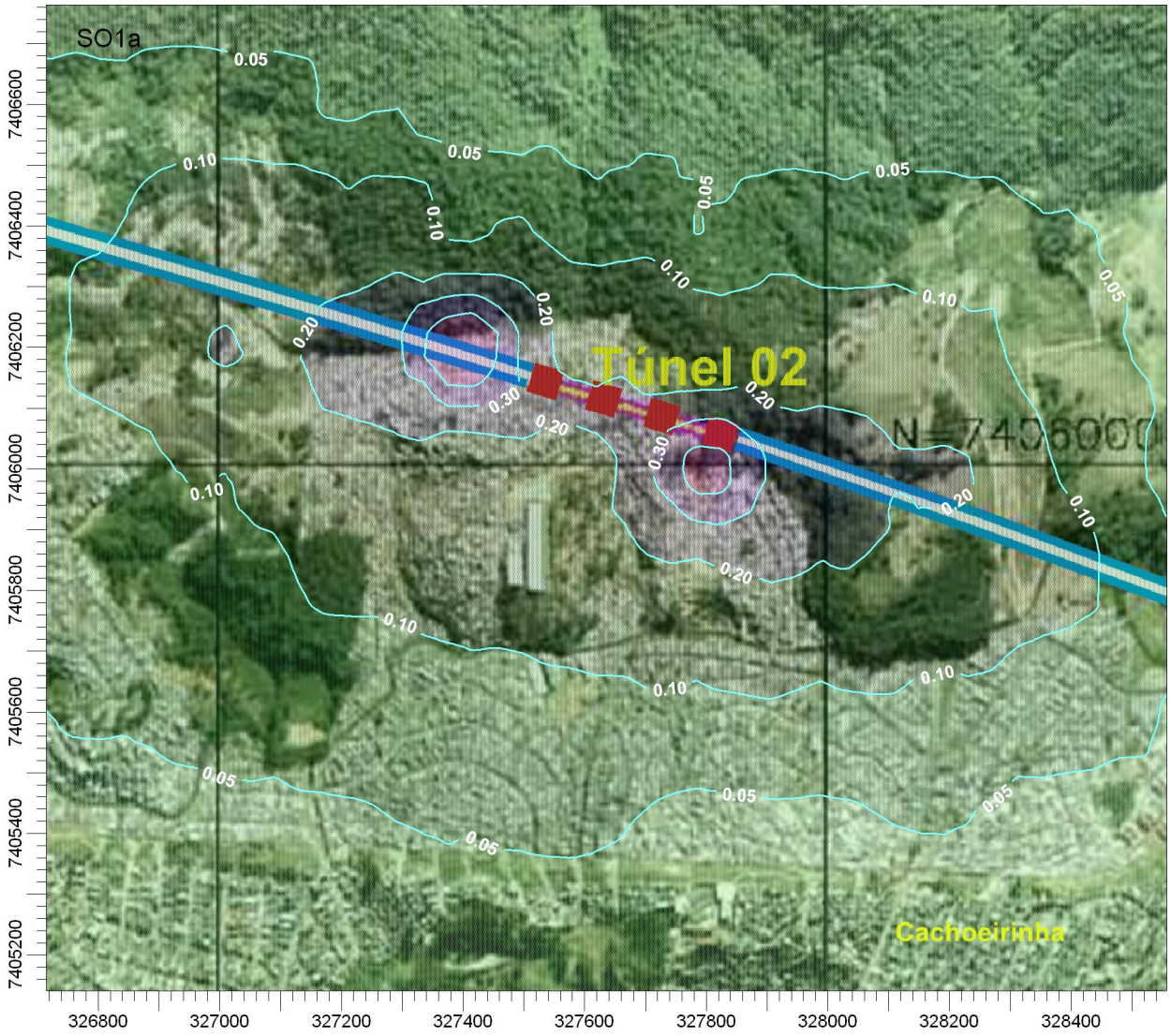
Túnel 02, Cenário 2.014: Concentração de SO_2 (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: SO_2
Período: 24 horas
Padrão Primário: 365 µg/m³
Padrão Secundário: 100 µg/m³



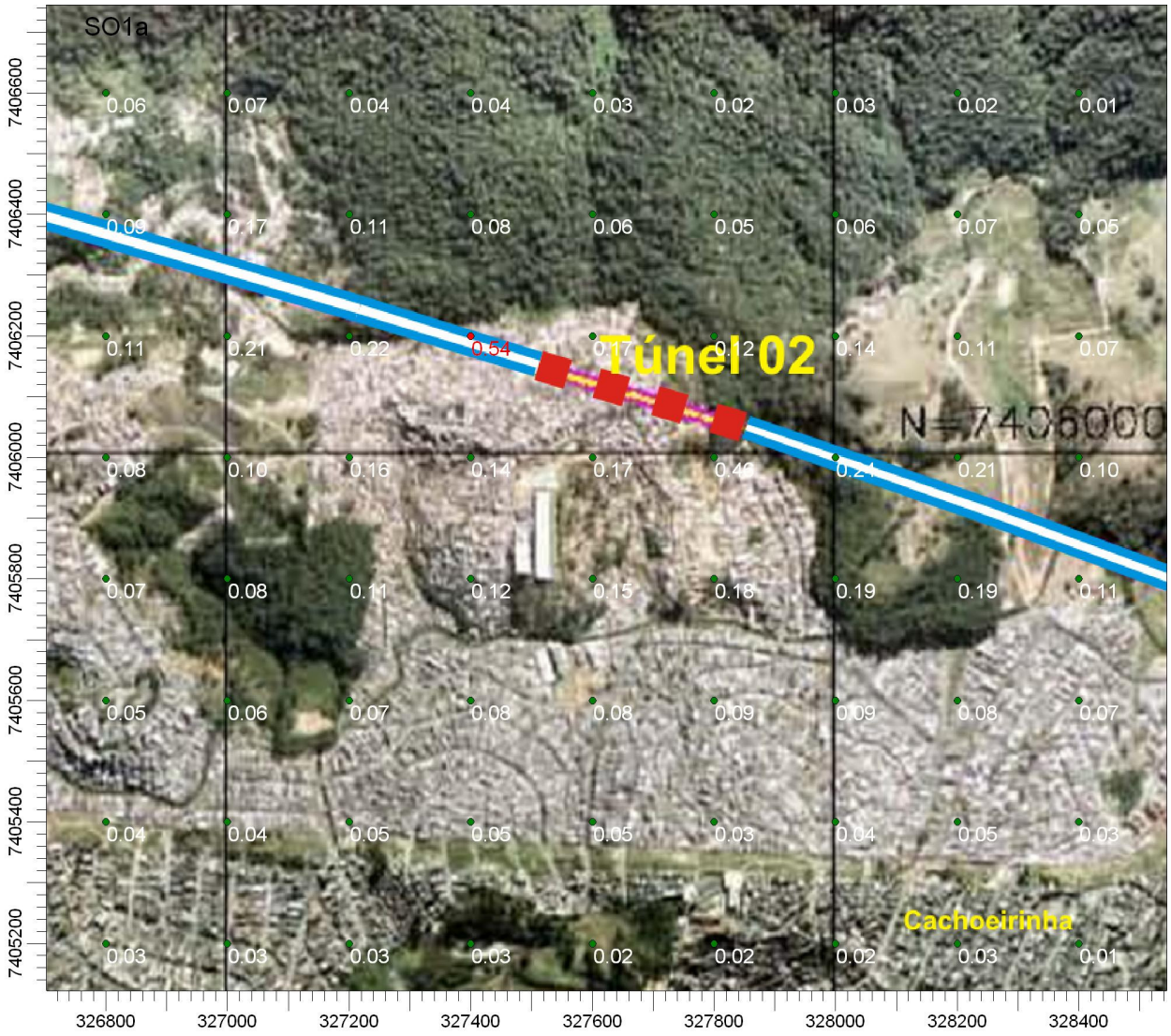
Túnel 02, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de SO_2 (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: SO_2
Período: 24 horas
Padrão Primário: 365 µg/m³
Padrão Secundário: 100 µg/m³



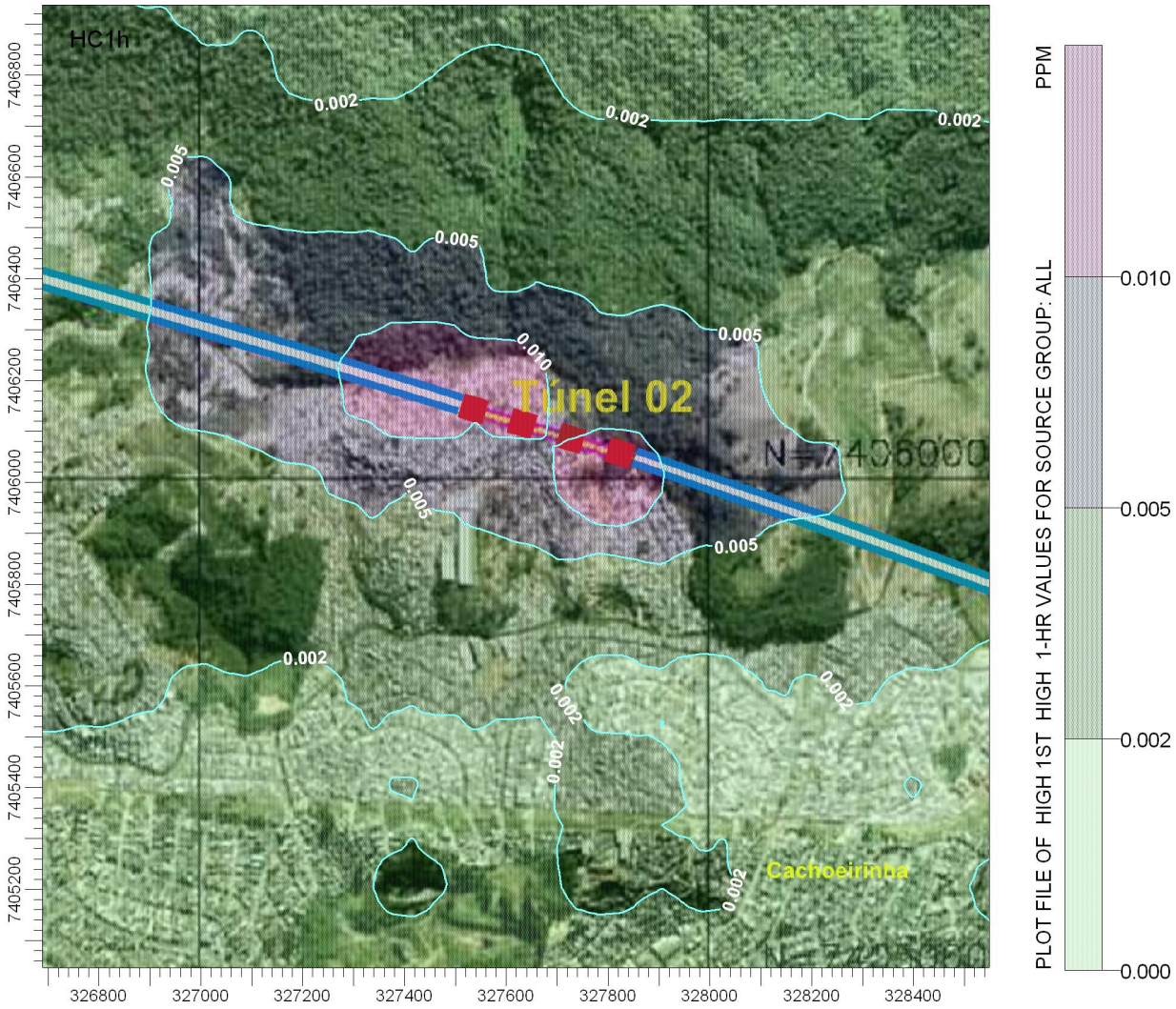
Túnel 02, Cenário 2.014: Concentração de SO_2 (µg/m³), Período – Anual

Poluente: SO_2
Período: Anual
Padrão Primário: 80 µg/m³
Padrão Secundário: 40 µg/m³



Túnel 02, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de SO_2 (µg/m³), Período – Anual

Poluente: SO_2
Período: Anual
Padrão Primário: 80 µg/m³
Padrão Secundário: 40 µg/m³

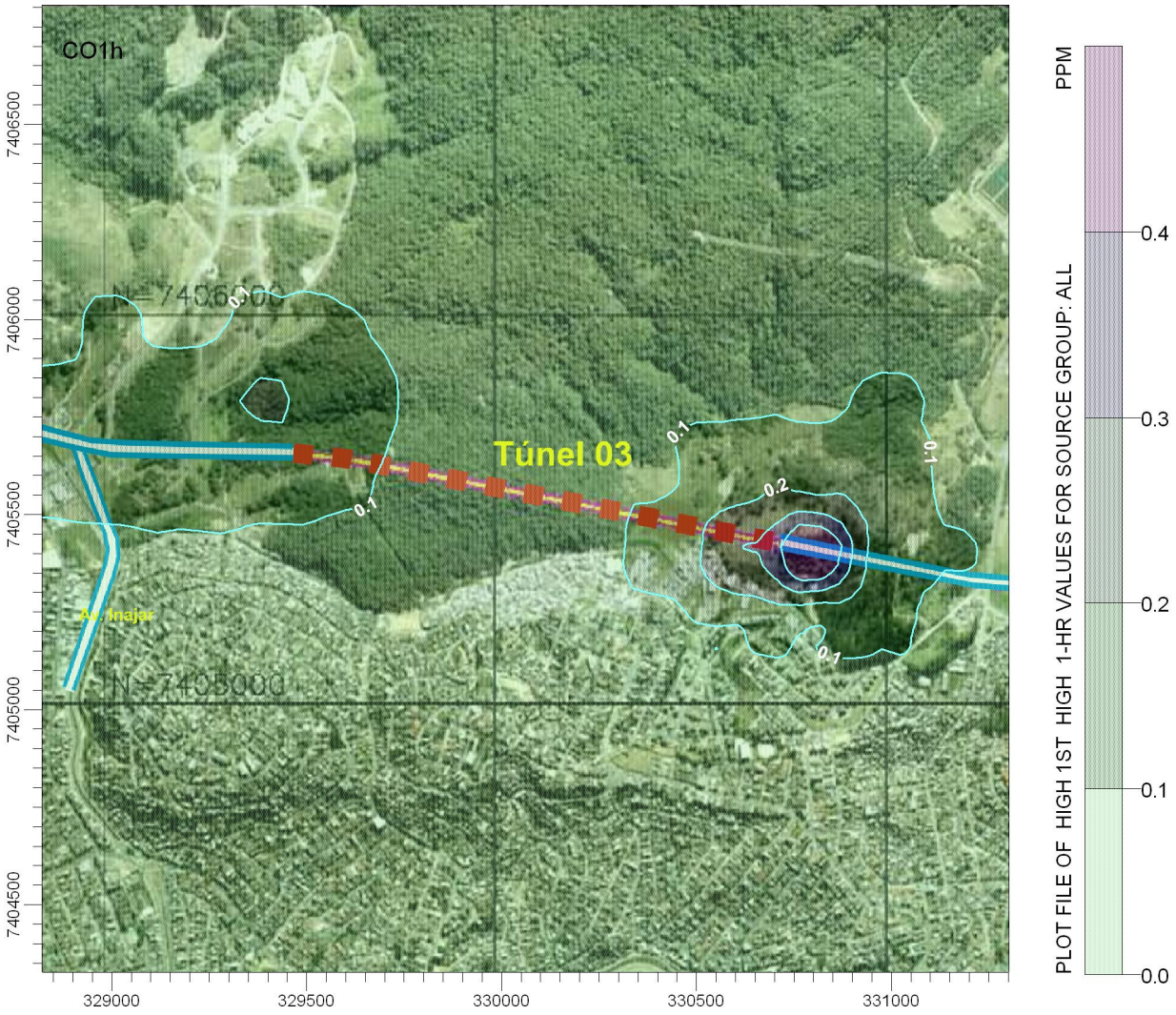


Túnel 02, Cenário 2.014: Concentração de HC (ppm), Período – 1 hora

Poluente: HC (como Hexano)
Período: 1 hora
Padrão Primário: -

Túnel 02, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de HC (ppm), Período – 1 hora

Poluente: HC (como Hexano)
Período: 1 hora
Padrão Primário: -

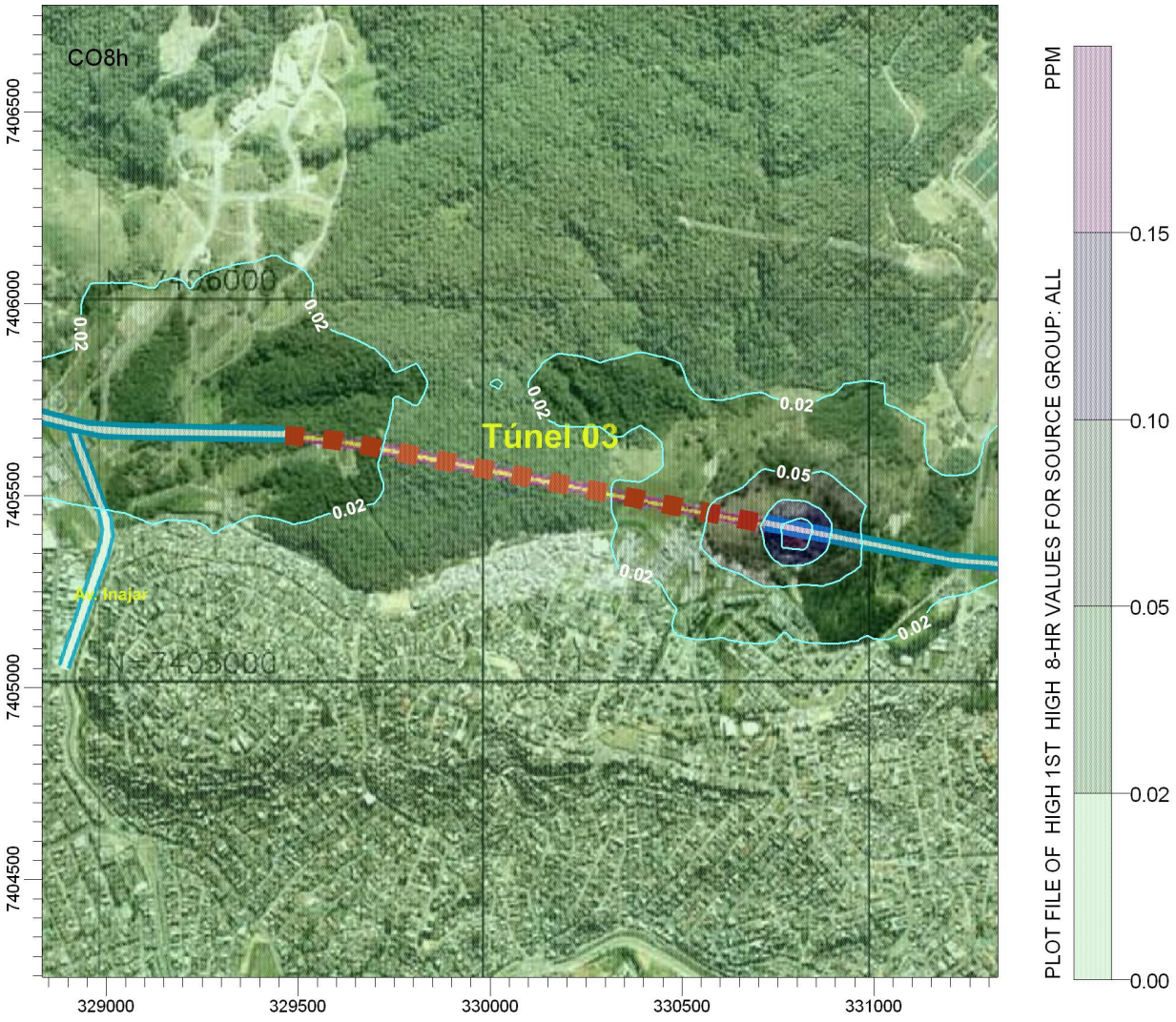


Túnel 03, Cenário 2.014: Concentração de CO (ppm), Período – 1 hora

Poluente: CO
Período: 1 hora
Padrão Primário: 40.000 µg/m³ (34,9 ppm)

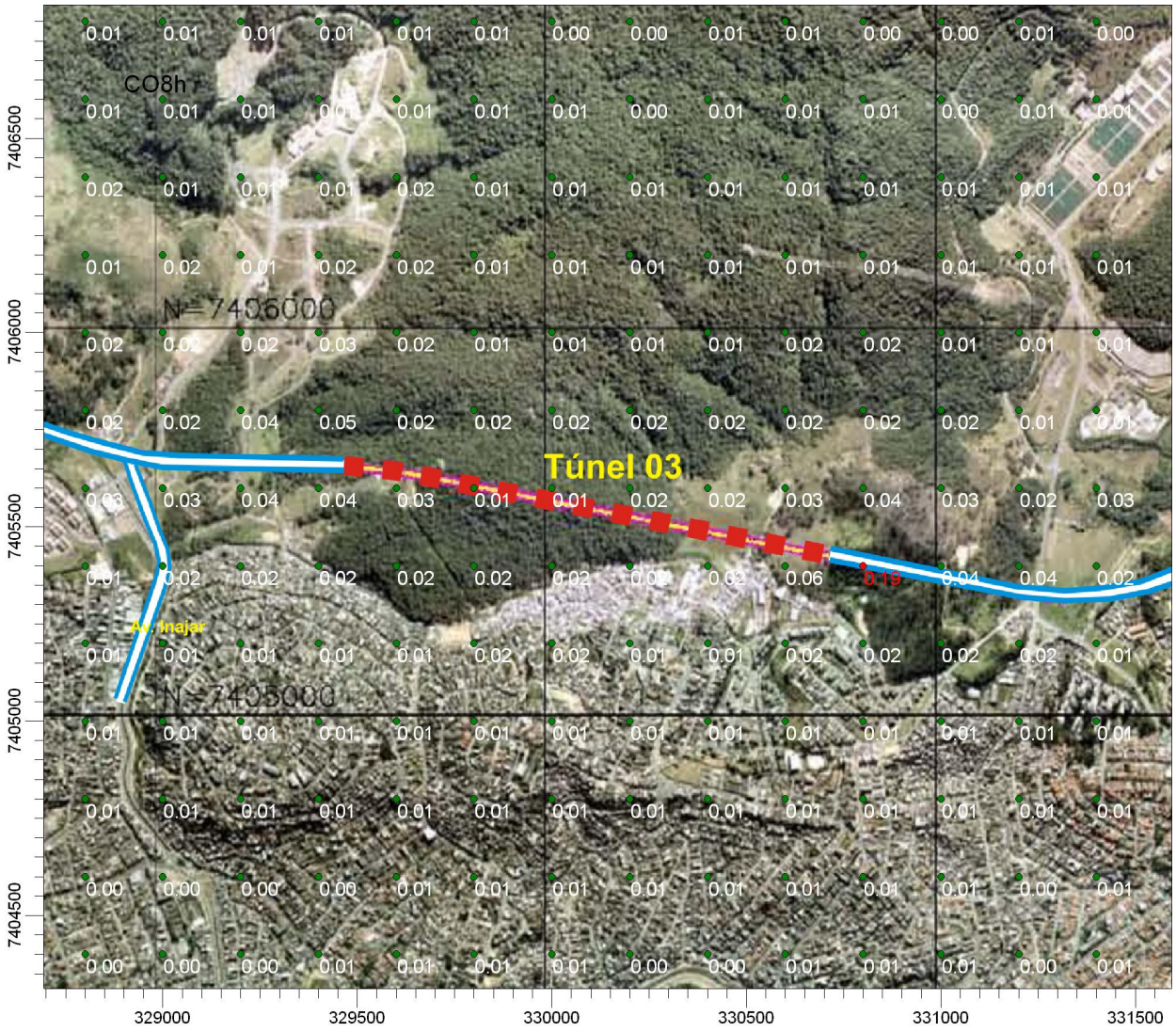
Túnel 03, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de CO (ppm), Período – 1 hora

Poluente: CO
Período: 1 hora
Padrão Primário: 40.000 µg/m³ (34,9 ppm)



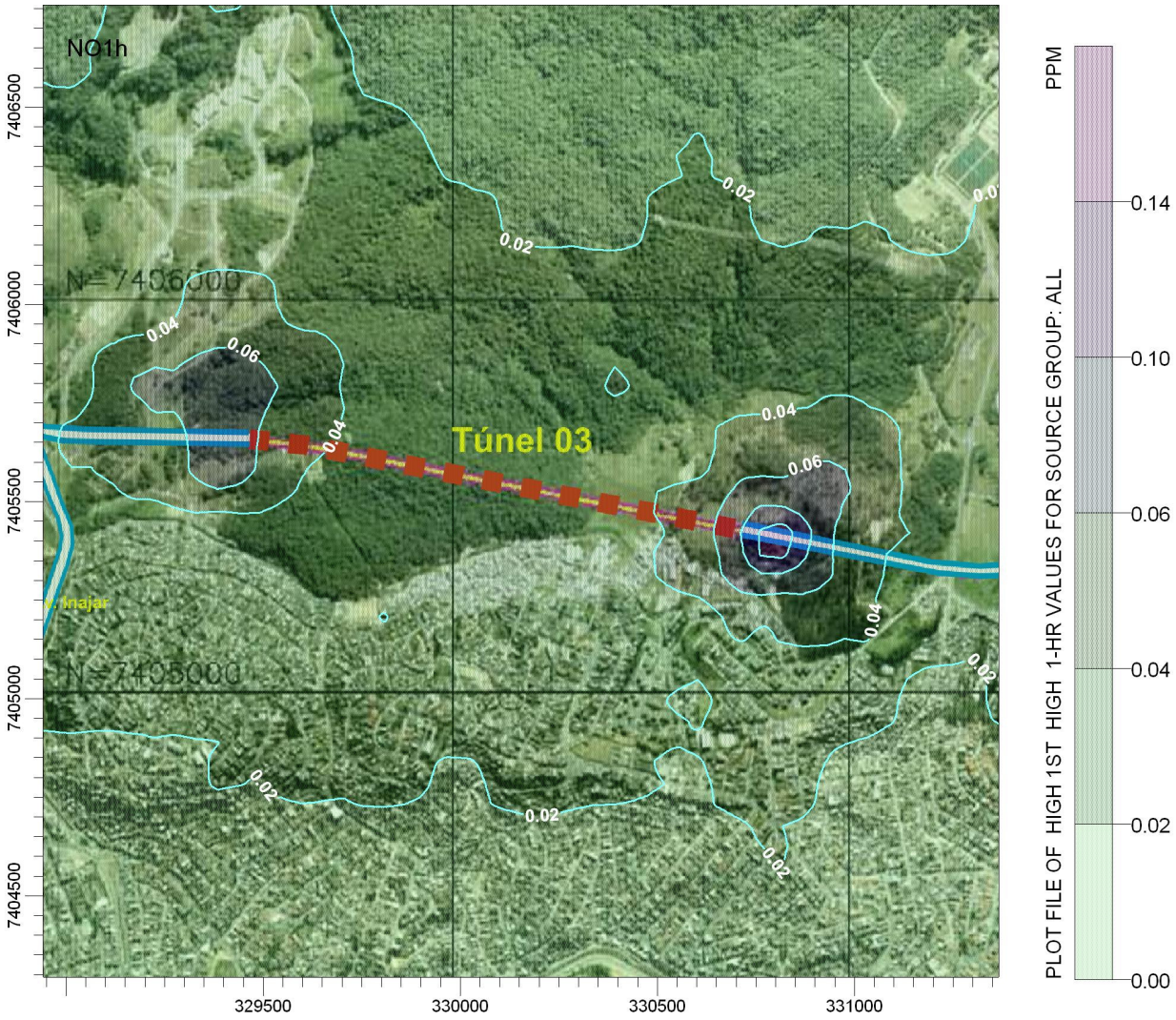
Túnel 03, Cenário 2.014: Concentração de CO (ppm), Período – 8 horas

Poluente: CO
Período: 8 horas
Padrão Primário: 10.000 µg/m³ (8,7 ppm)



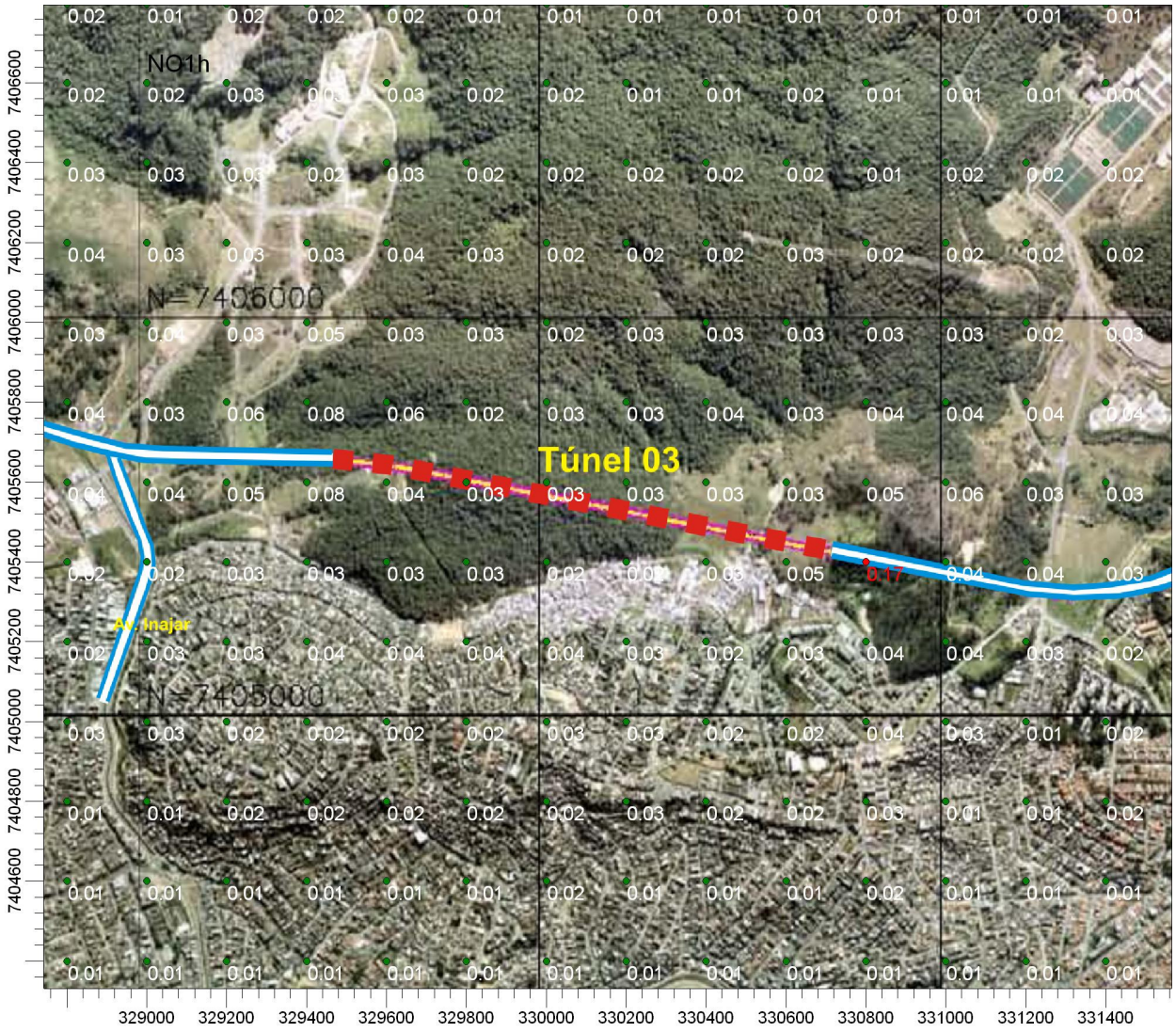
Túnel 03, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de CO (ppm), Período – 8 horas

Poluente: CO
Período: 8 horas
Padrão Primário: 10.000 µg/m³ (8,7 ppm)



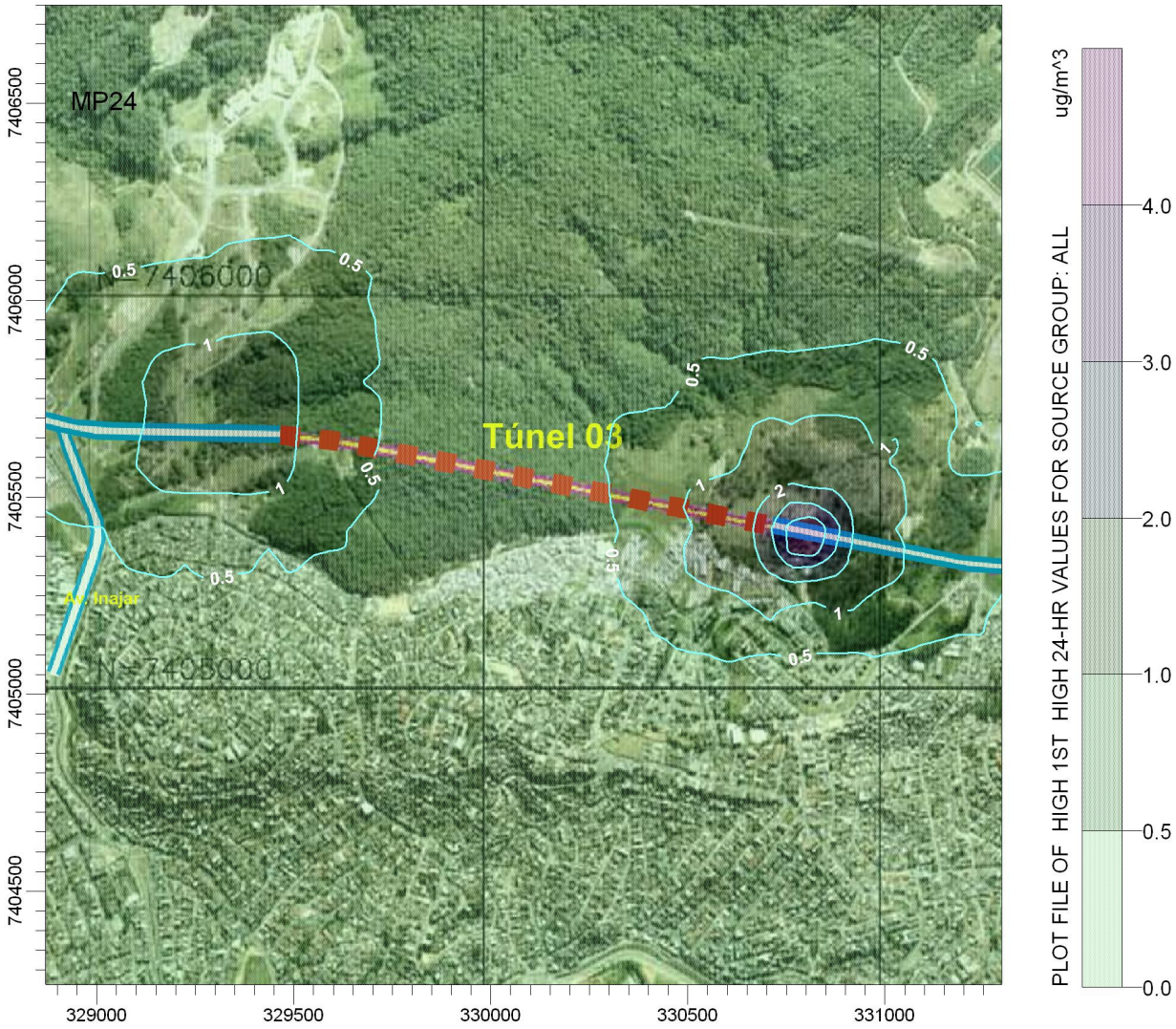
Túnel 03, Cenário 2.014: Concentração de NO_2 (ppm), Período – 1 hora

Poluente: NO_2
Período: 1 hora
Padrão Primário: 320 µg/m³ (0,17 ppm)



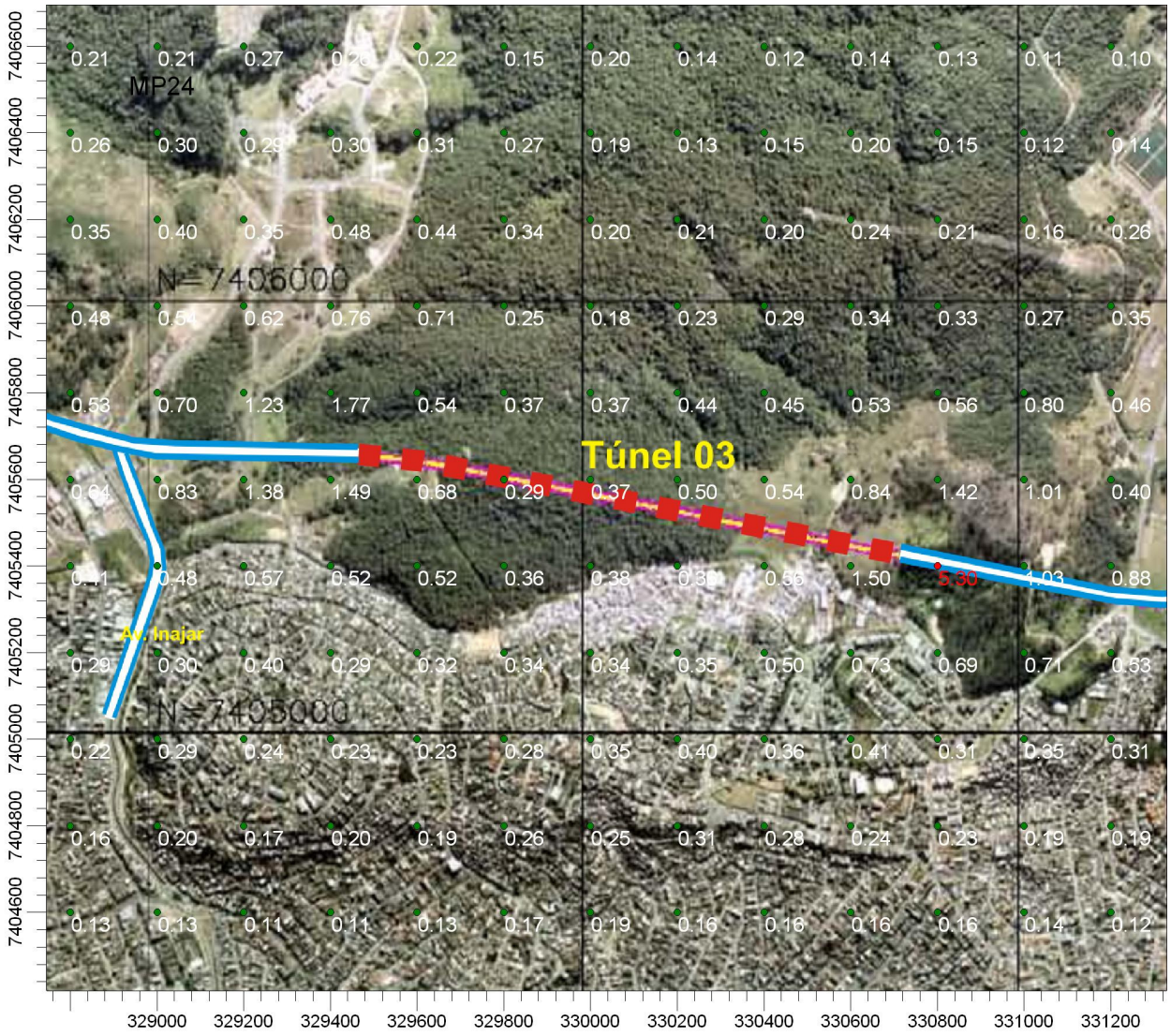
Túnel 03, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de NO_2 (ppm), Período – 1 hora

Poluente: NO_2
Período: 1 hora
Padrão Primário: 320 µg/m³ (0,17 ppm)



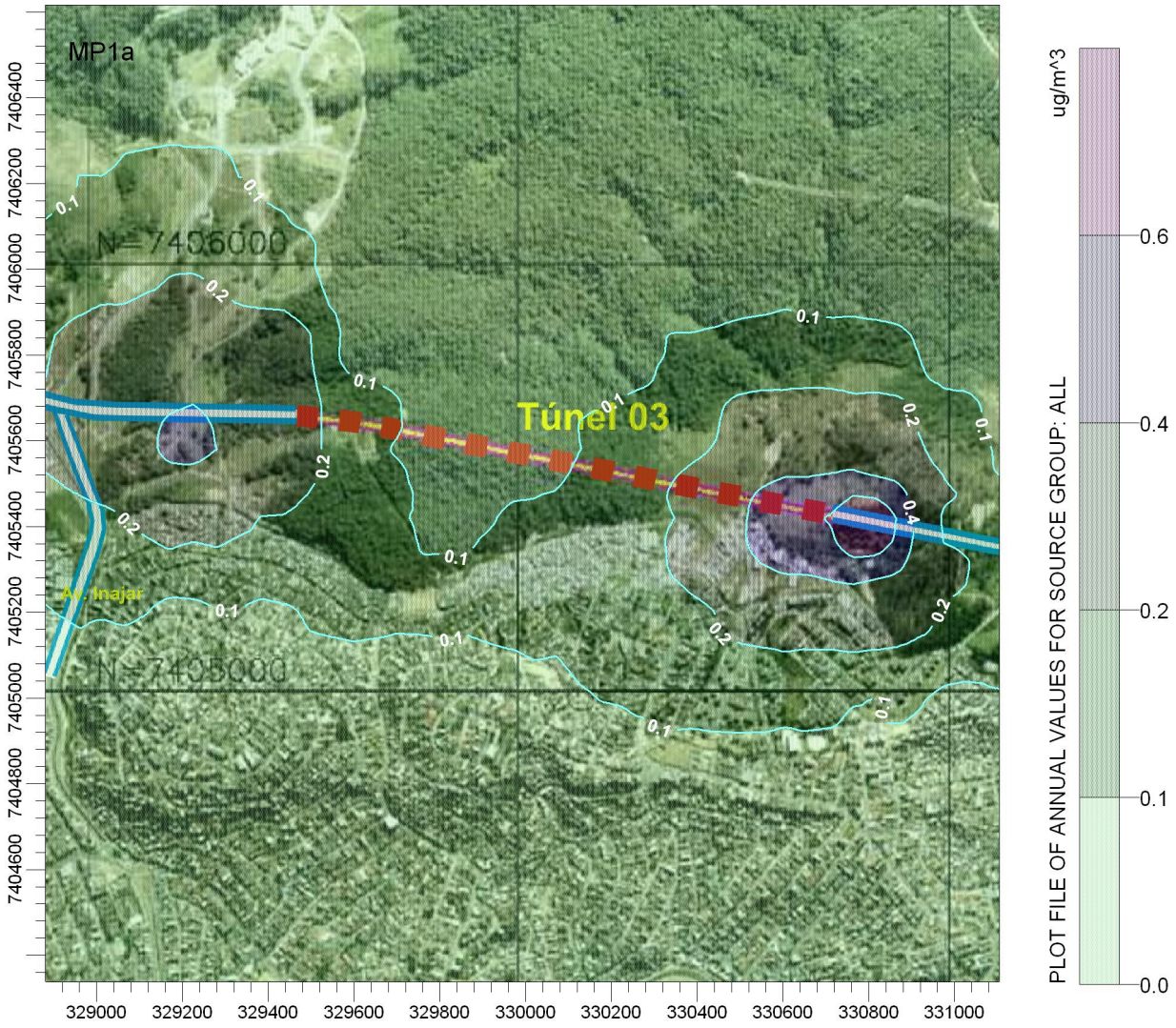
Túnel 03, Cenário 2.014: Concentração de MP (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: PI
Período: 24 horas
Padrão Primário: 150 µg/m³



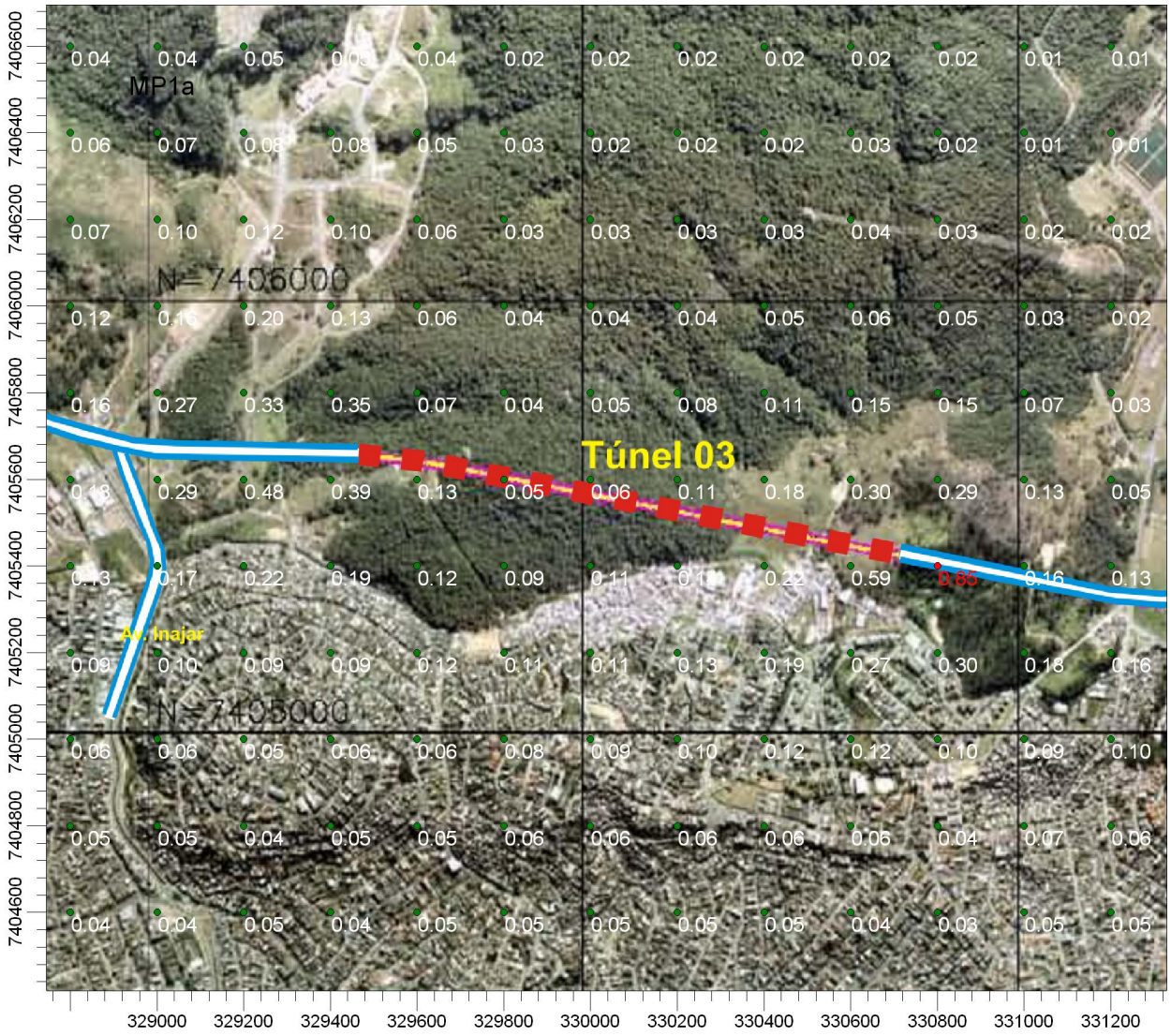
Túnel 03, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de MP (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: PI
Período: 24 horas
Padrão Primário: 150 µg/m³



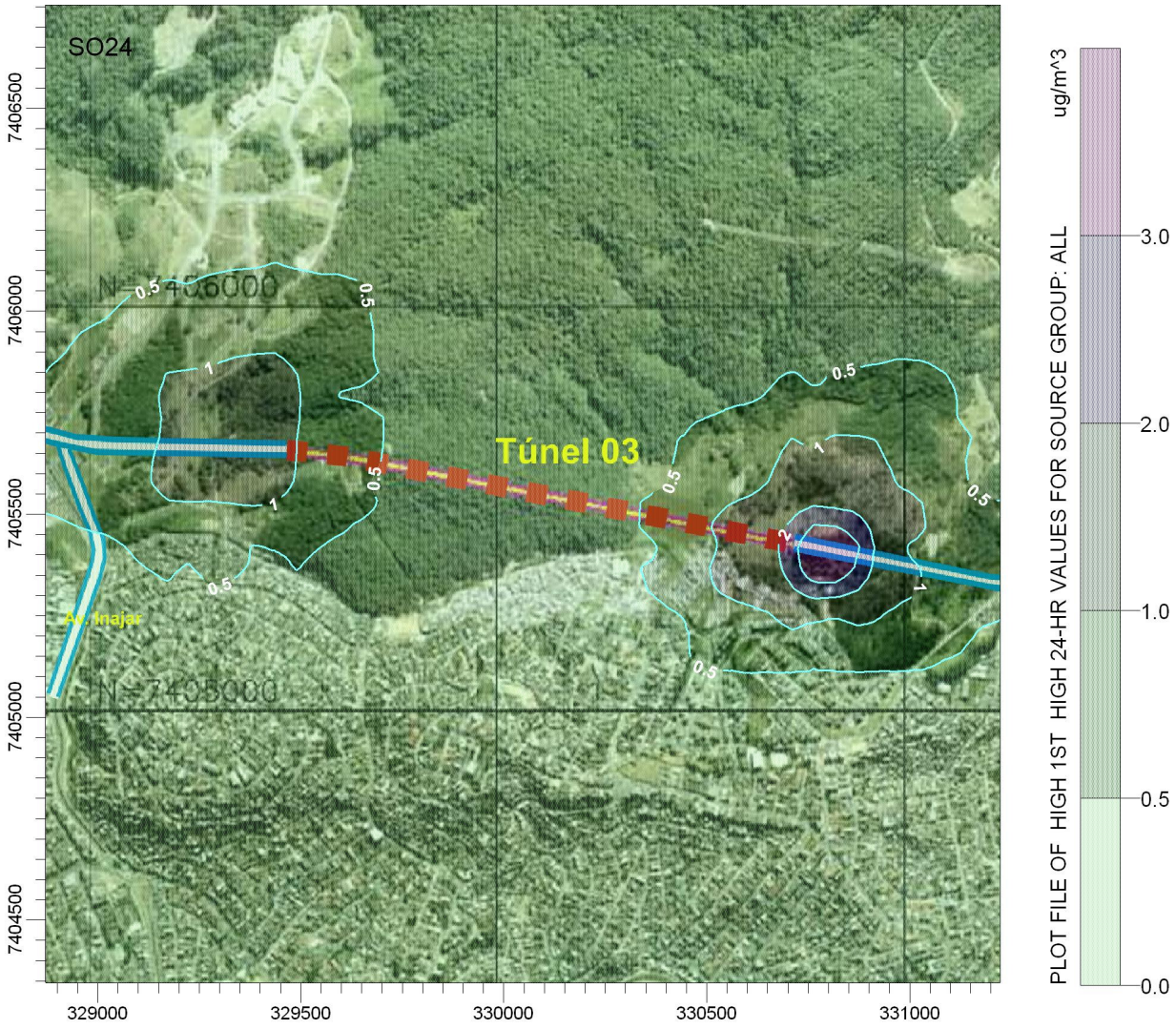
Túnel 03, Cenário 2.014: Concentração de MP (µg/m³), Período – Anual

Poluente: PI
Período: Anual
Padrão Primário: 50 µg/m³



Túnel 03, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de MP (µg/m³), Período – Anual

Poluente: PI
Período: Anual
Padrão Primário: 50 µg/m³

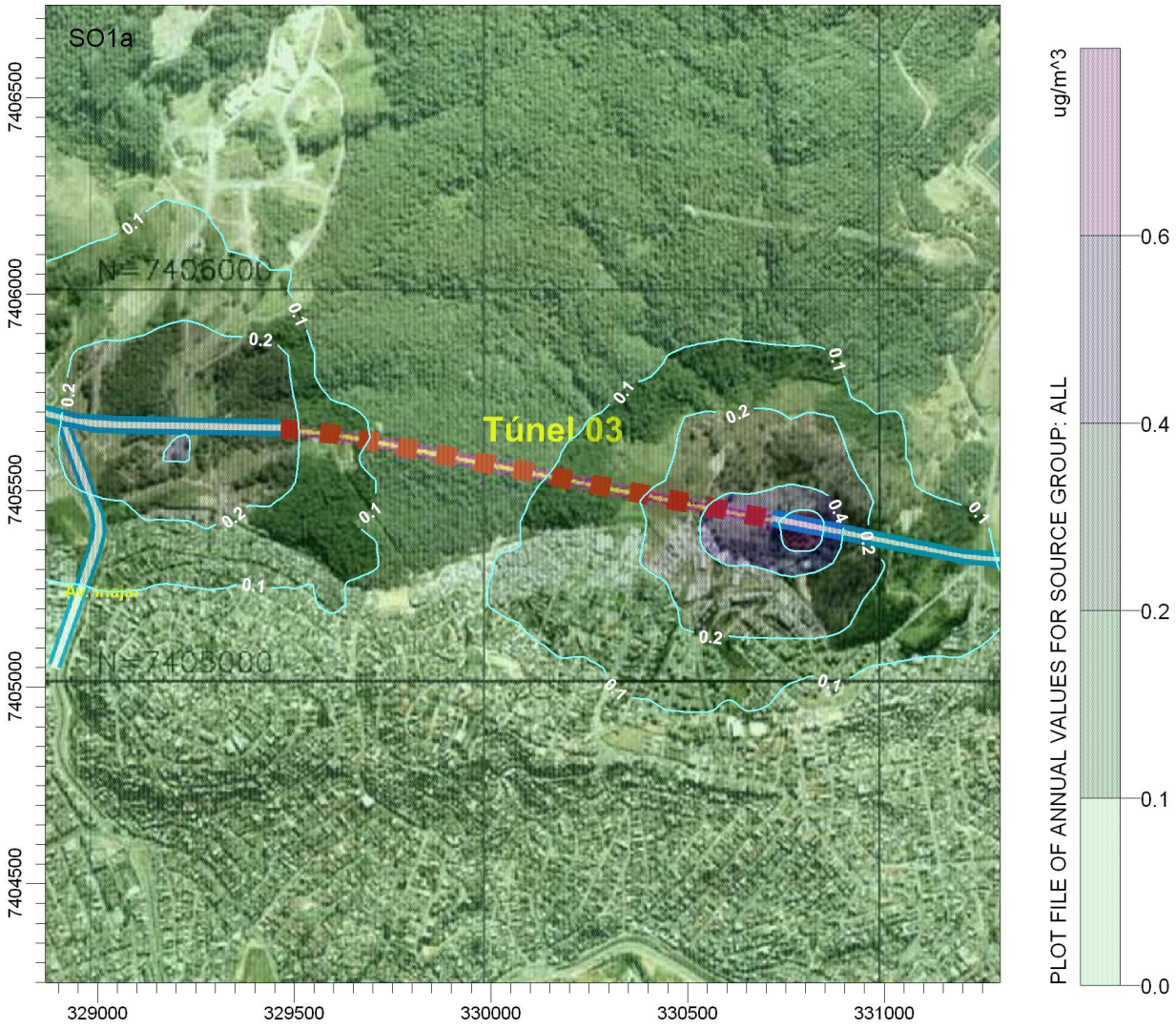


Túnel 03, Cenário 2.014: Concentração de SO_2 (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: SO_2
Período: 24 horas
Padrão Primário: 365 µg/m³
Padrão Secundário: 100 µg/m³

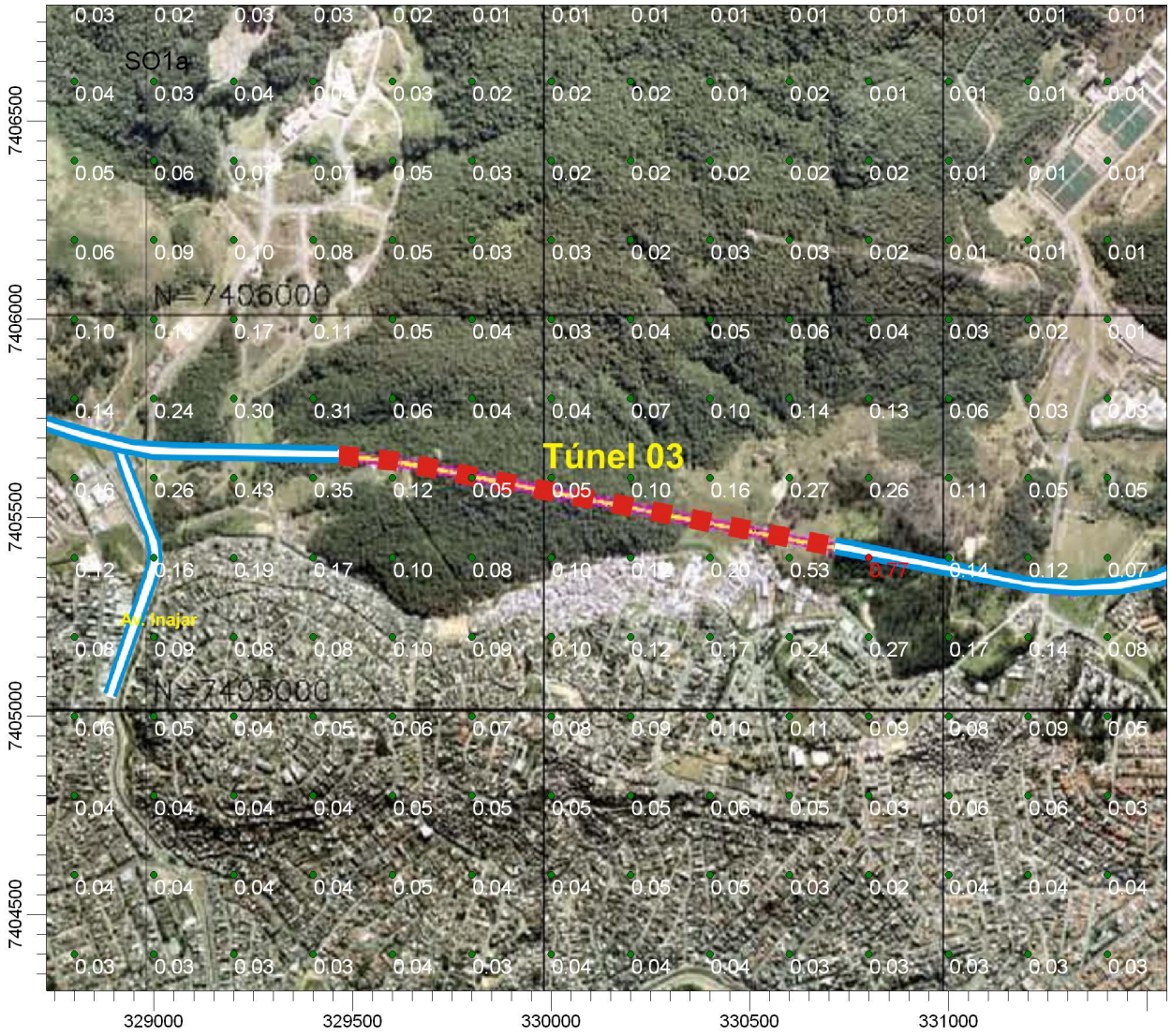
Túnel 03, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de SO_2 (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: SO_2
Período: 24 horas
Padrão Primário: 365 µg/m³
Padrão Secundário: 100 µg/m³



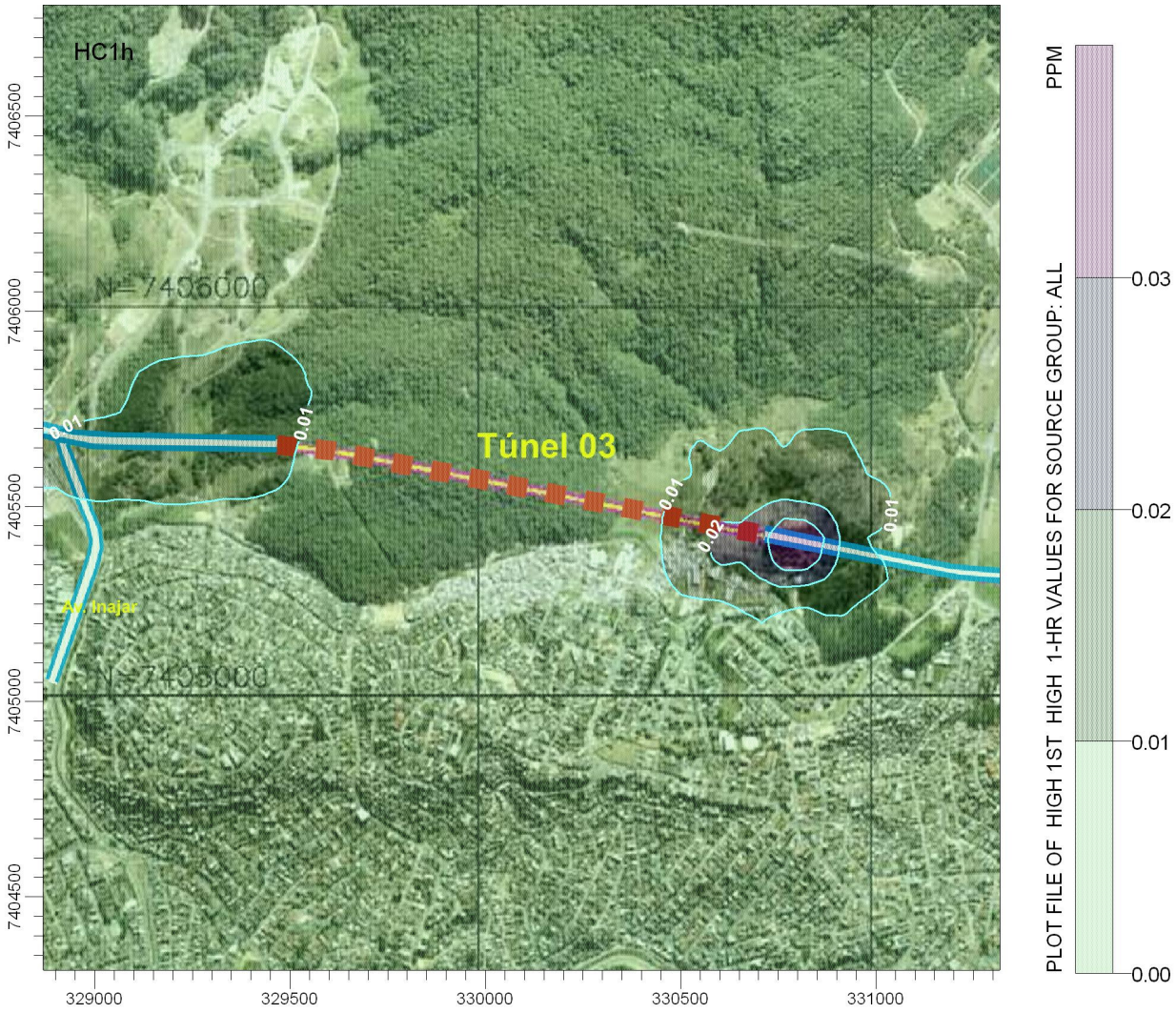
Túnel 03, Cenário 2.014: Concentração de SO_2 (µg/m³), Período – Anual

Poluente: SO_2
Período: Anual
Padrão Primário: 80 µg/m³
Padrão Secundário: 40 µg/m³



Túnel 03, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de SO_2 (µg/m³), Período – Anual

Poluente: SO_2
Período: Anual
Padrão Primário: 80 µg/m³
Padrão Secundário: 40 µg/m³

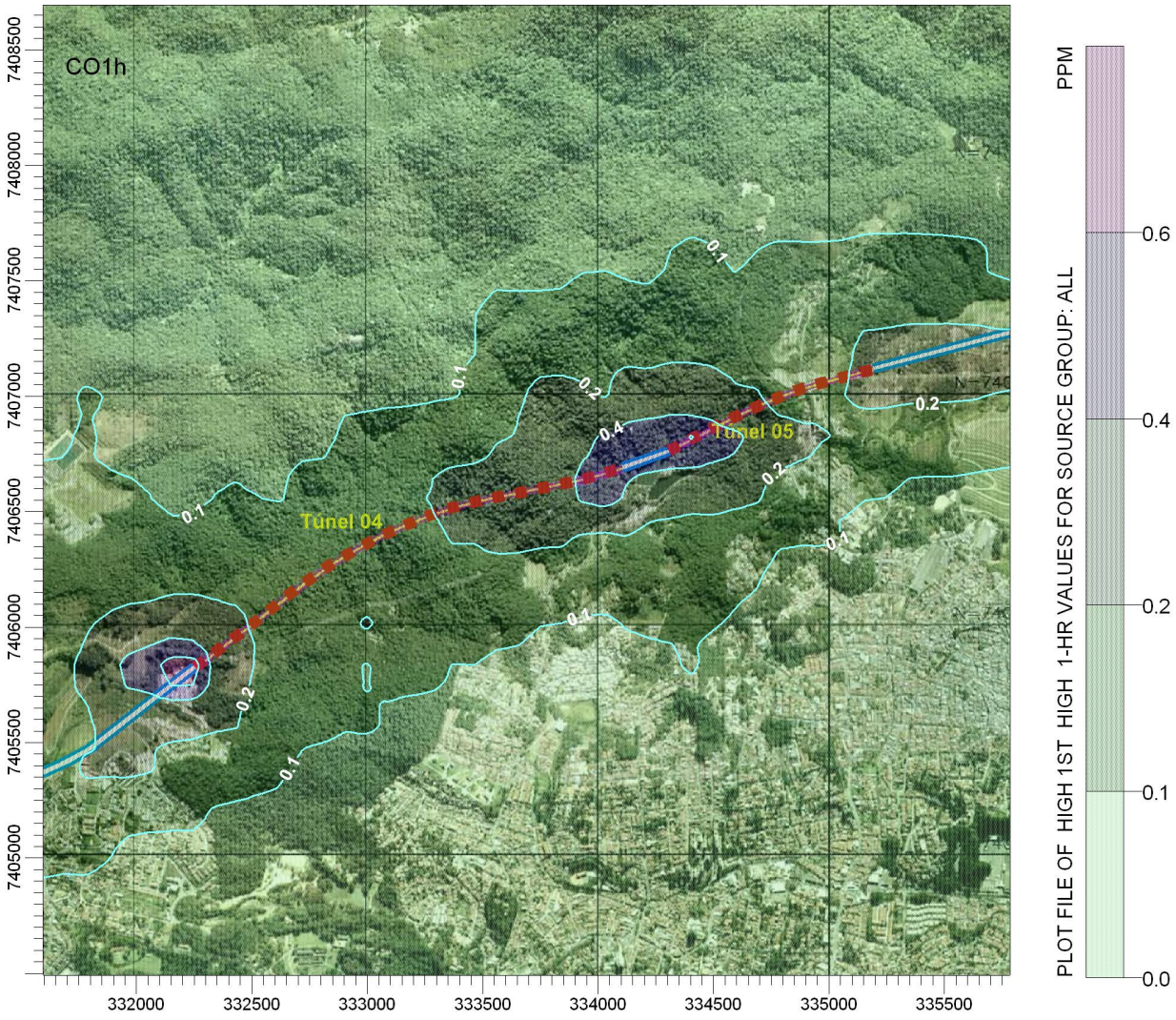


Túnel 03, Cenário 2.014: Concentração De HC (ppm), Período – 1 hora

Poluente: HC (como Hexano)
Período: 1 hora
Padrão Primário: -

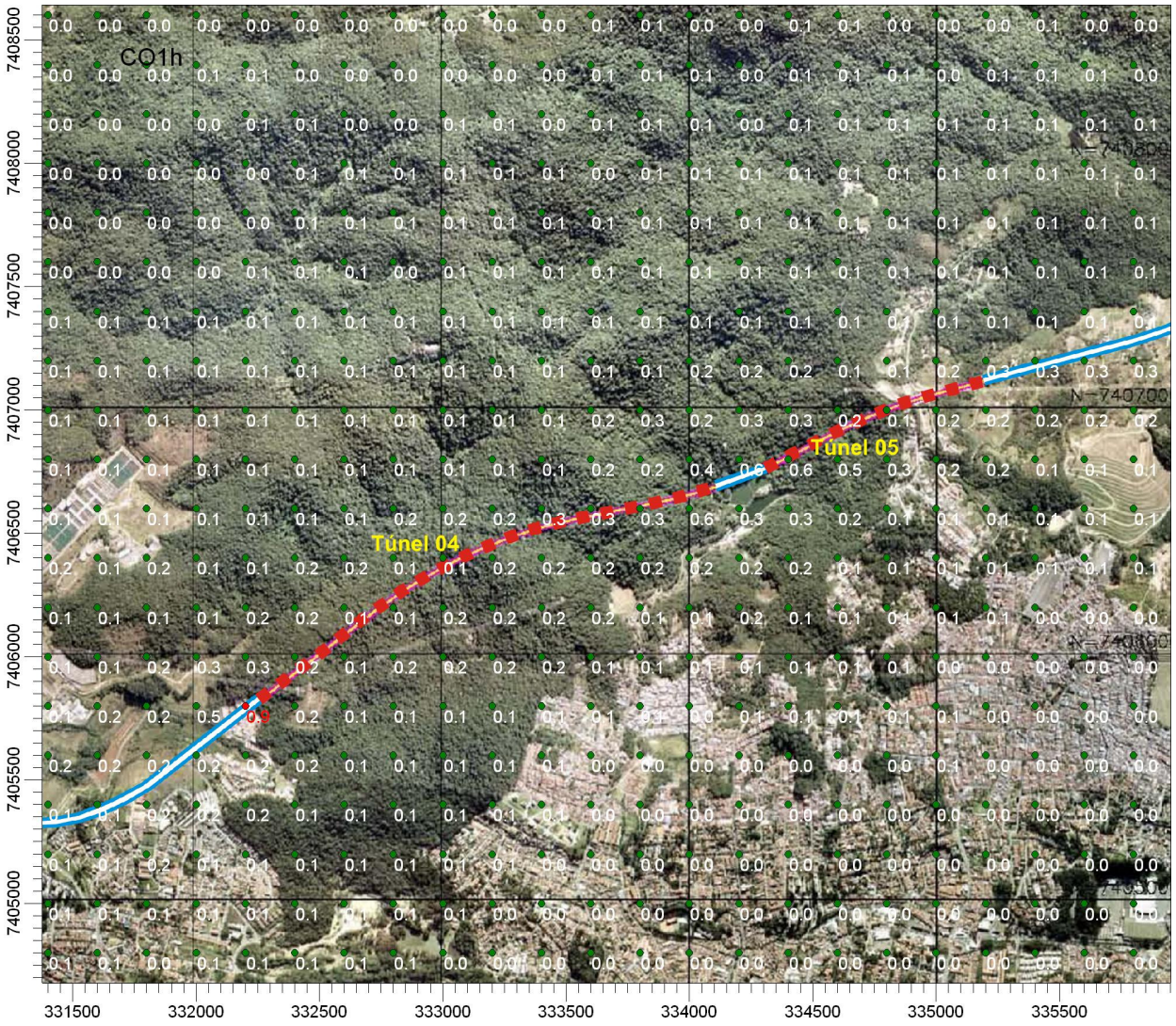
Túnel 03, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de HC (ppm), Período – 1 hora

Poluente: HC (como Hexano)
Período: 1 hora
Padrão Primário: -



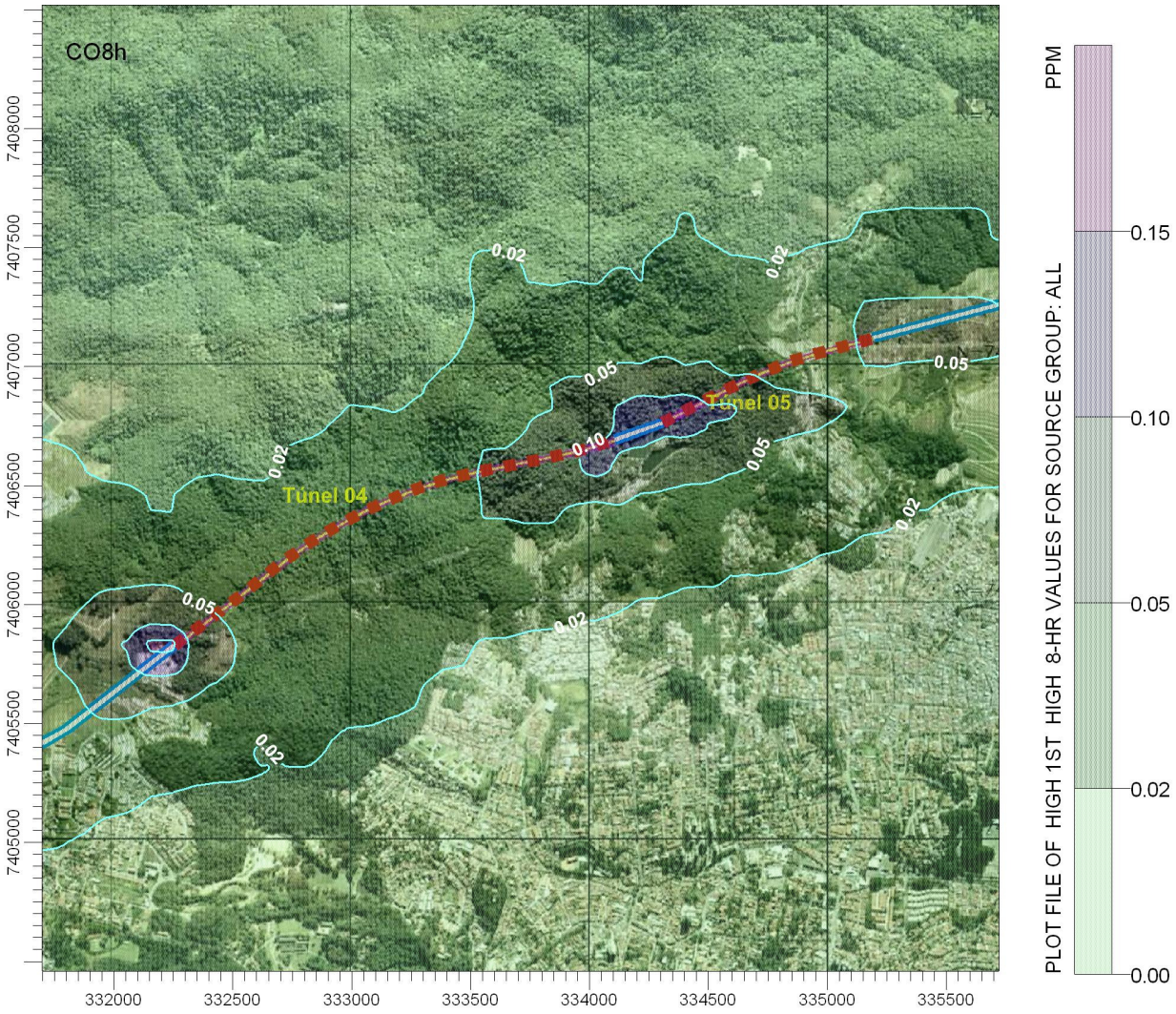
Túnel 04 e 05, Cenário 2.014: Concentração de CO (ppm), Período – 1 hora

Poluente: CO
Período: 1 hora
Padrão Primário: 40.000 µg/m³ (34,9 ppm)



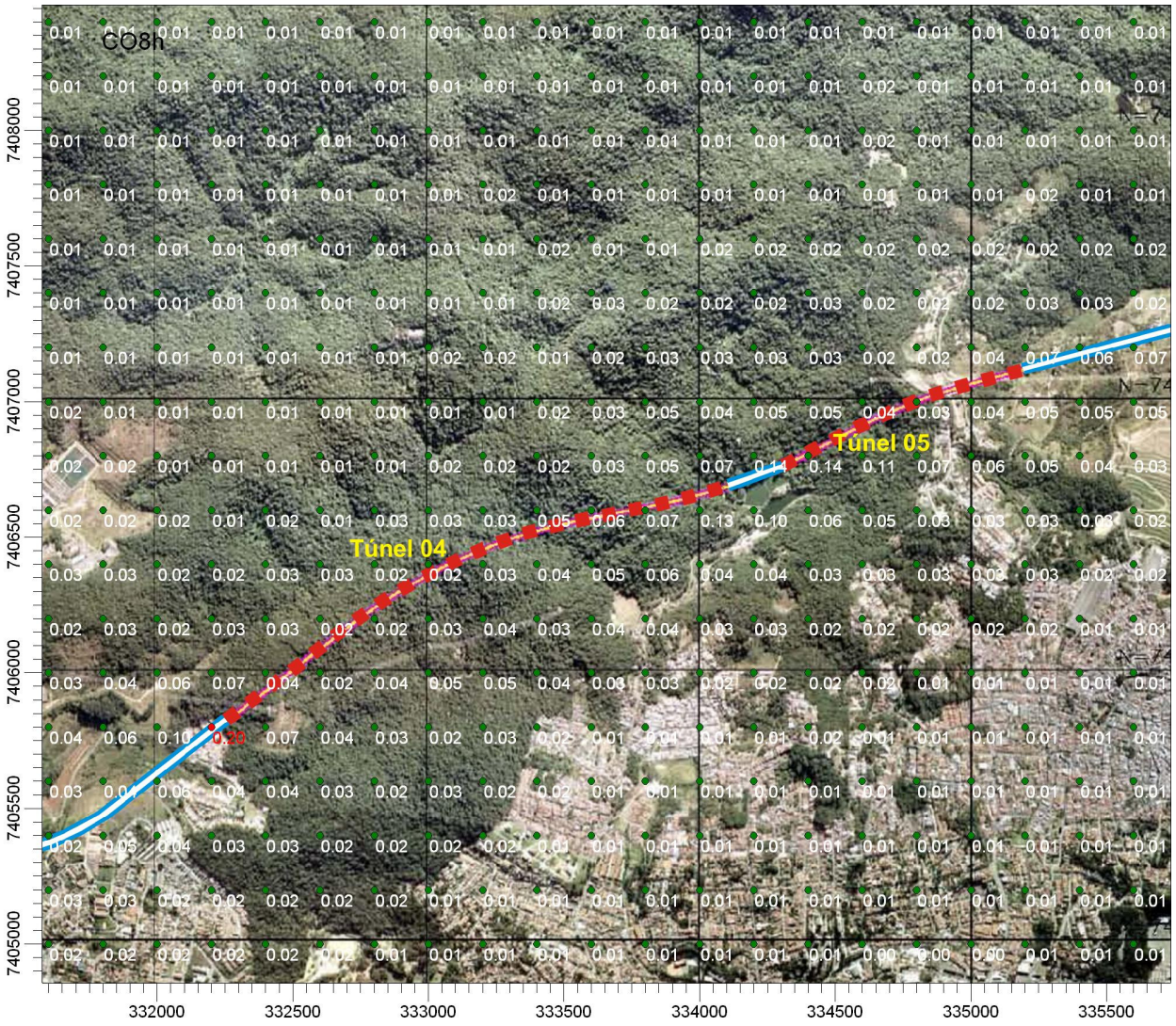
Túnel 04 e 05, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de CO (ppm), Período – 1 hora

Poluente: CO
Período: 1 hora
Padrão Primário: 40.000 µg/m³ (34,9 ppm)



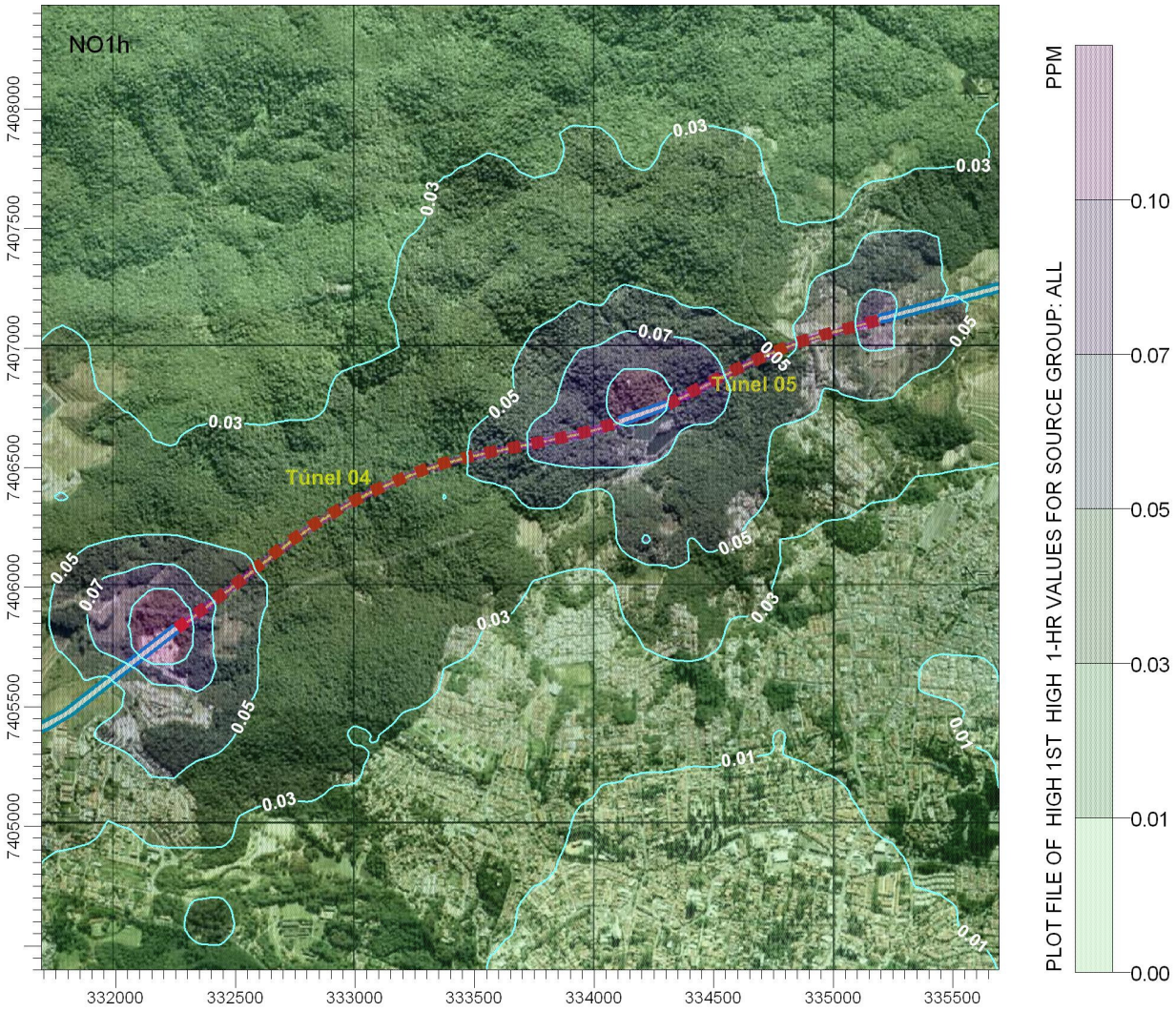
Túnel 04 e 05, Cenário 2.014: Concentração de CO (ppm), Período – 8 horas

Poluente: CO
Período: 8 horas
Padrão Primário: 10.000 µg/m³ (8,7 ppm)



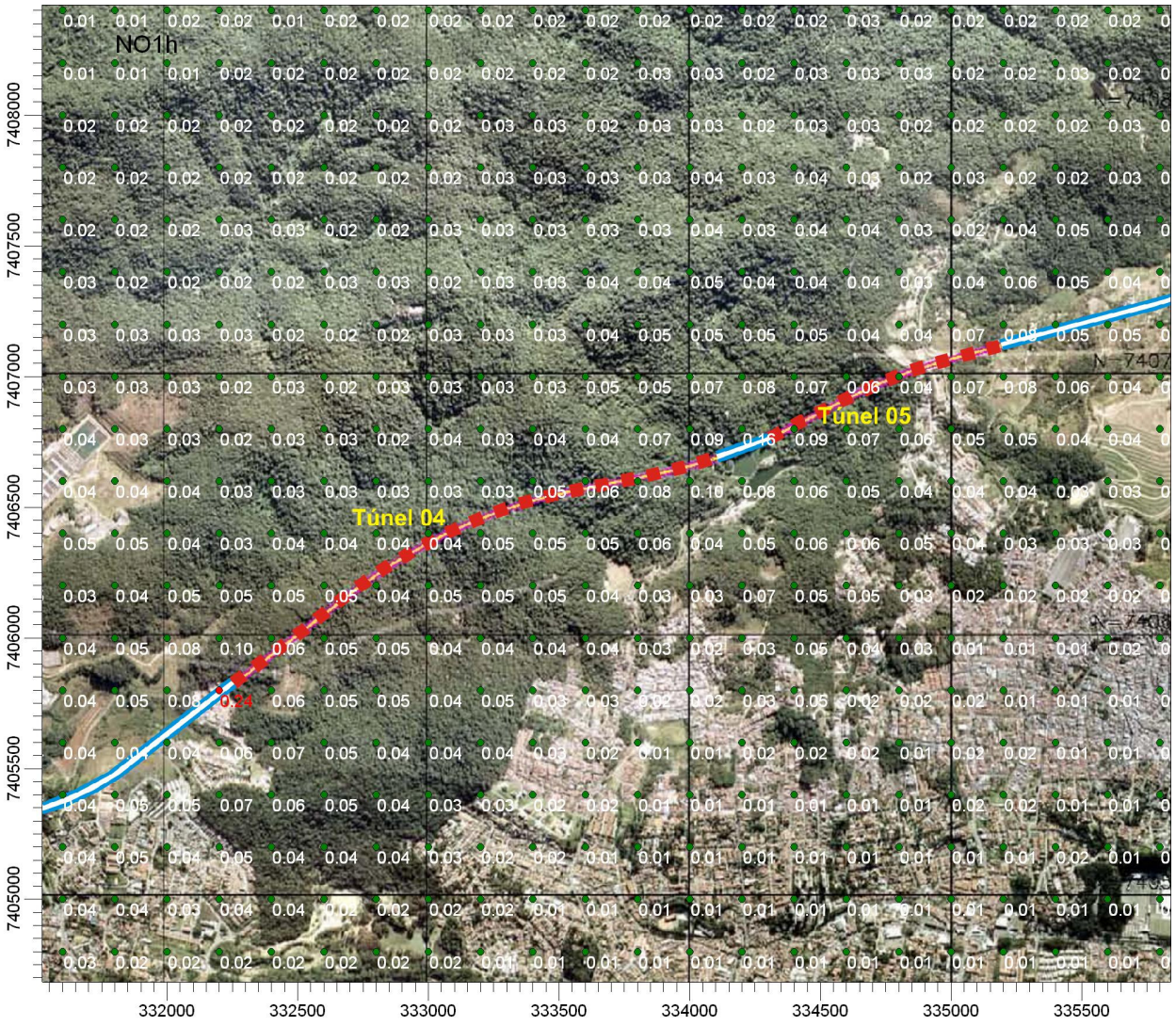
Túnel 04 e 05, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de CO (ppm), Período – 8 horas

Poluente: CO
Período: 8 horas
Padrão Primário: 10.000 µg/m³ (8,7 ppm)



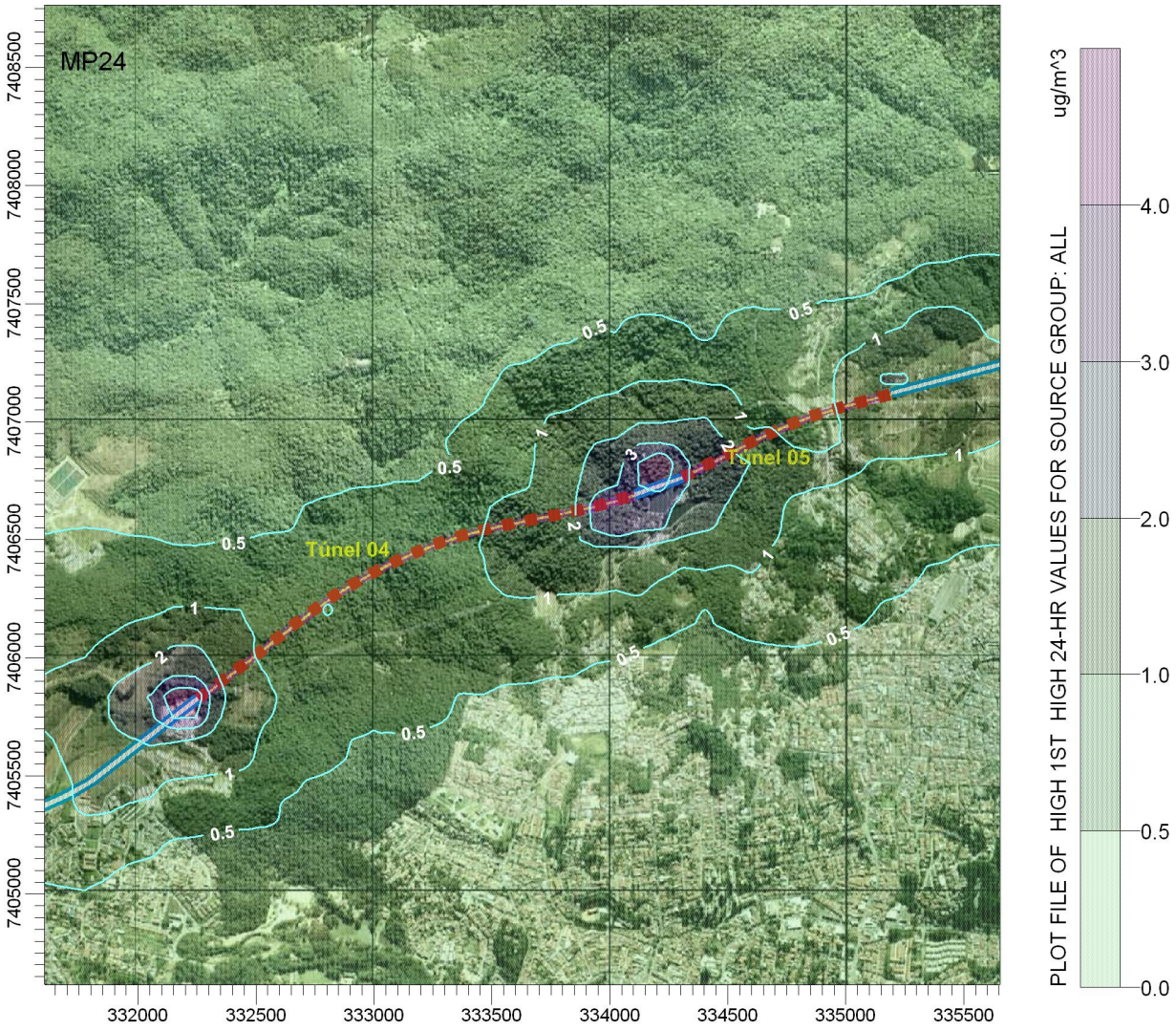
Túnel 04 e 05, Cenário 2.014: Concentração de NO_2 (ppm), Período – 1 hora

Poluente: NO_2
Período: 1 hora
Padrão Primário: 320 µg/m³ (0,17 ppm)



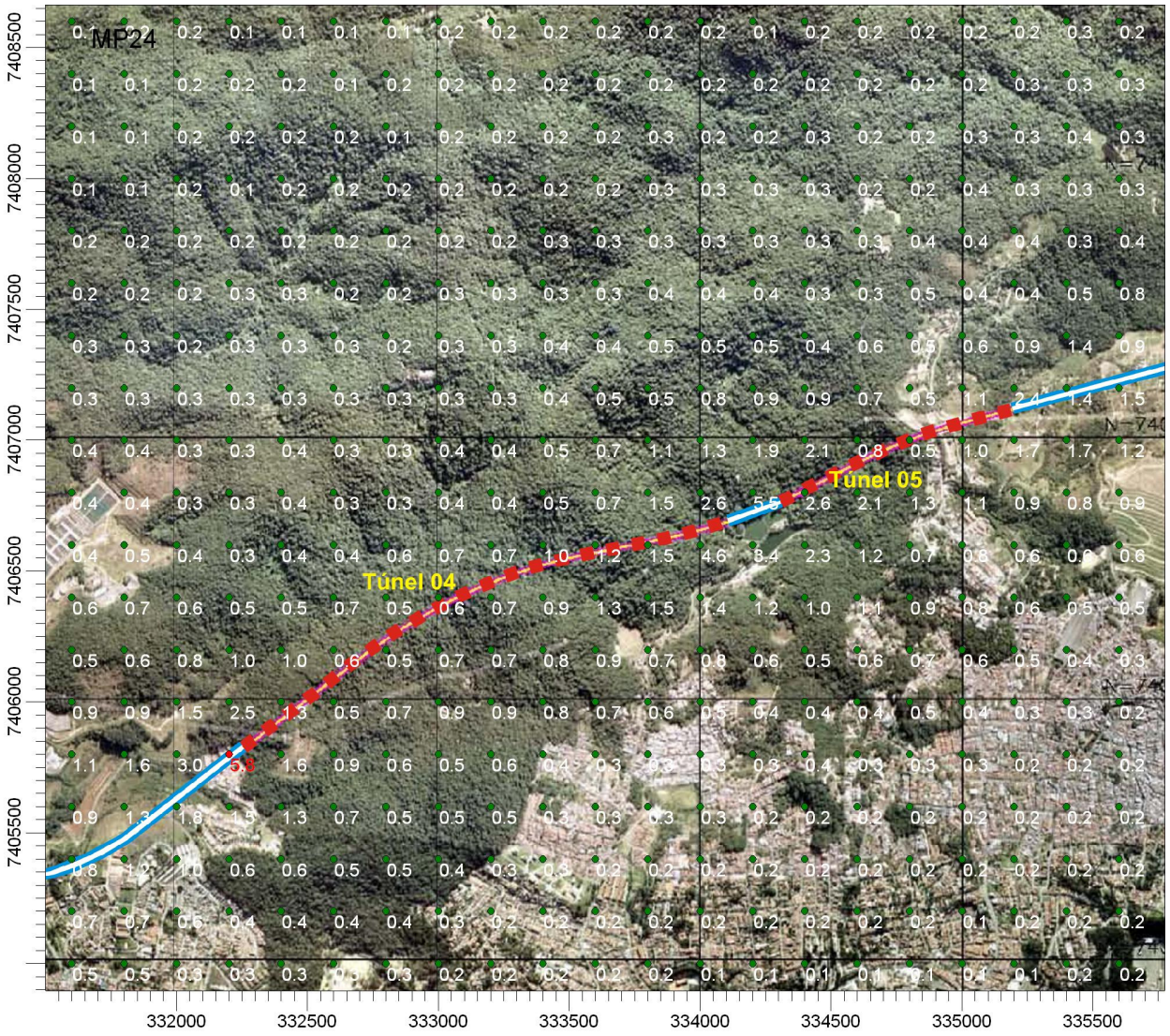
Túnel 04 e 05, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de NO_2 (ppm), Período – 1 hora

Poluente: NO_2
Período: 1 hora
Padrão Primário: 320 µg/m³ (0,17 ppm)



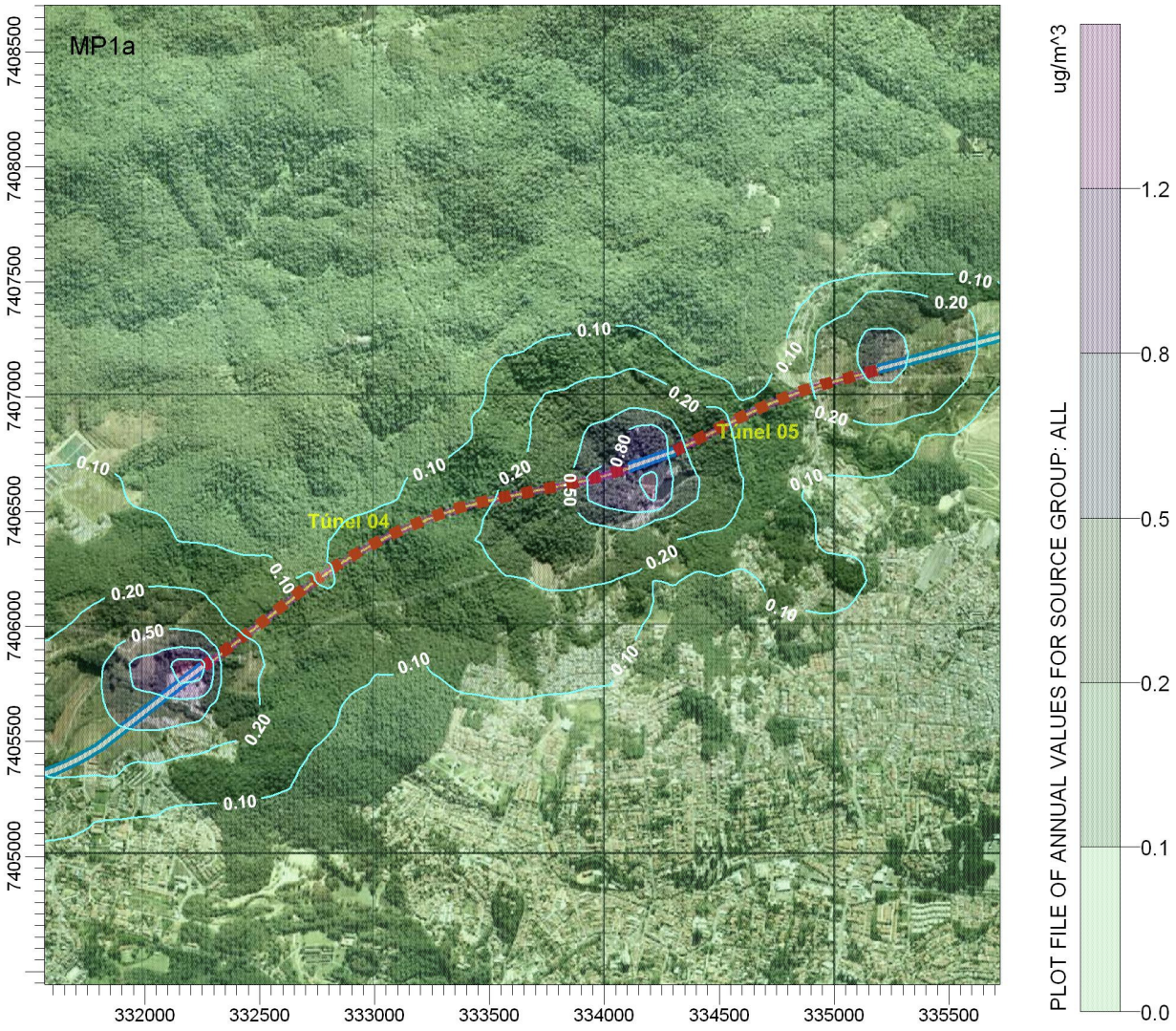
Túnel 04 e 05, Cenário 2.014: Concentração de MP (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: PI
Período: 24 horas
Padrão Primário: 150 µg/m³



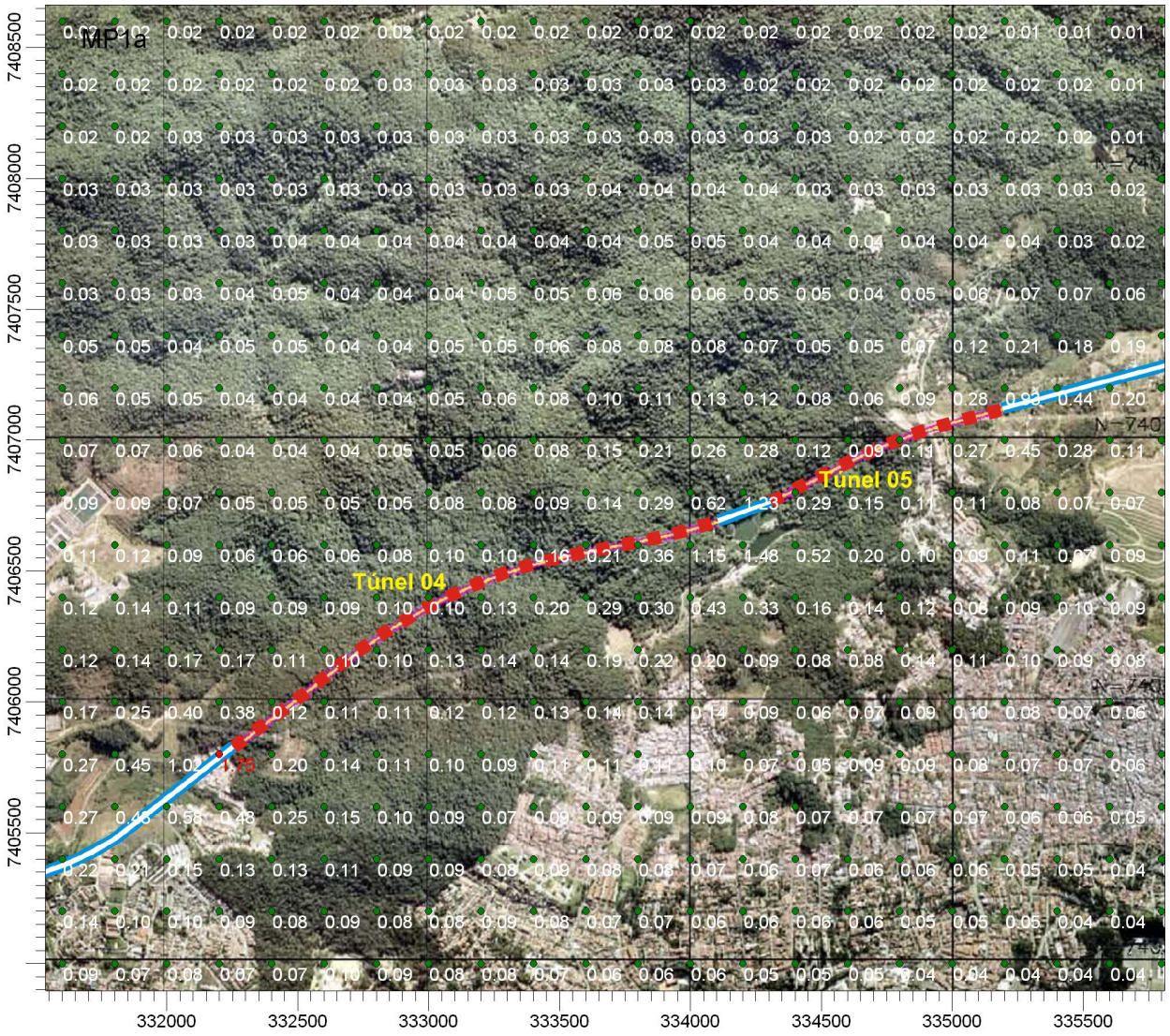
Túnel 04 e 05, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de MP (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: PI
Período: 24 horas
Padrão Primário: 150 µg/m³



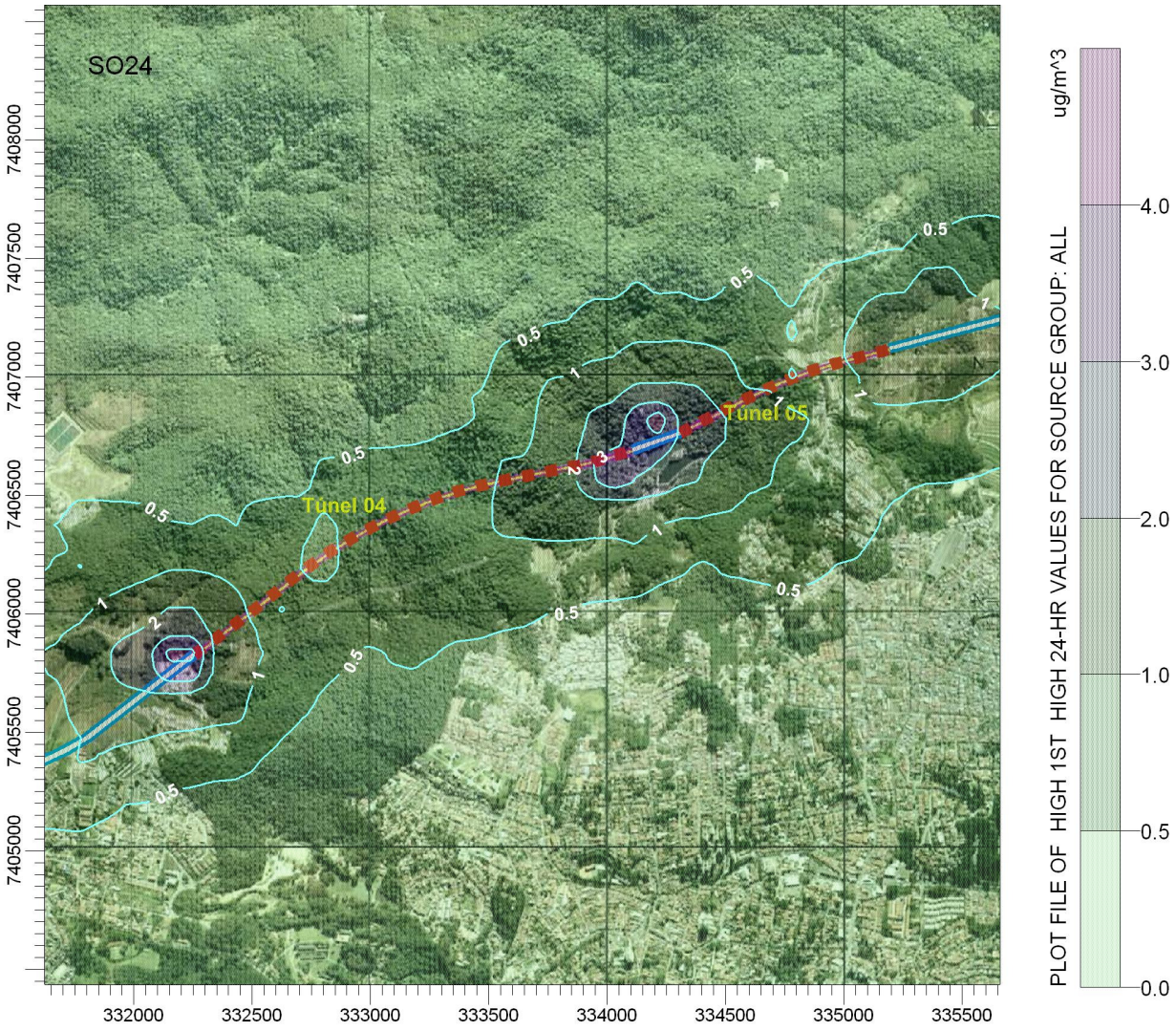
Túnel 04 e 05, Cenário 2.014: Concentração de MP (µg/m³), Período – Anual

Poluente: PI
Período: Anual
Padrão Primário: 50 µg/m³



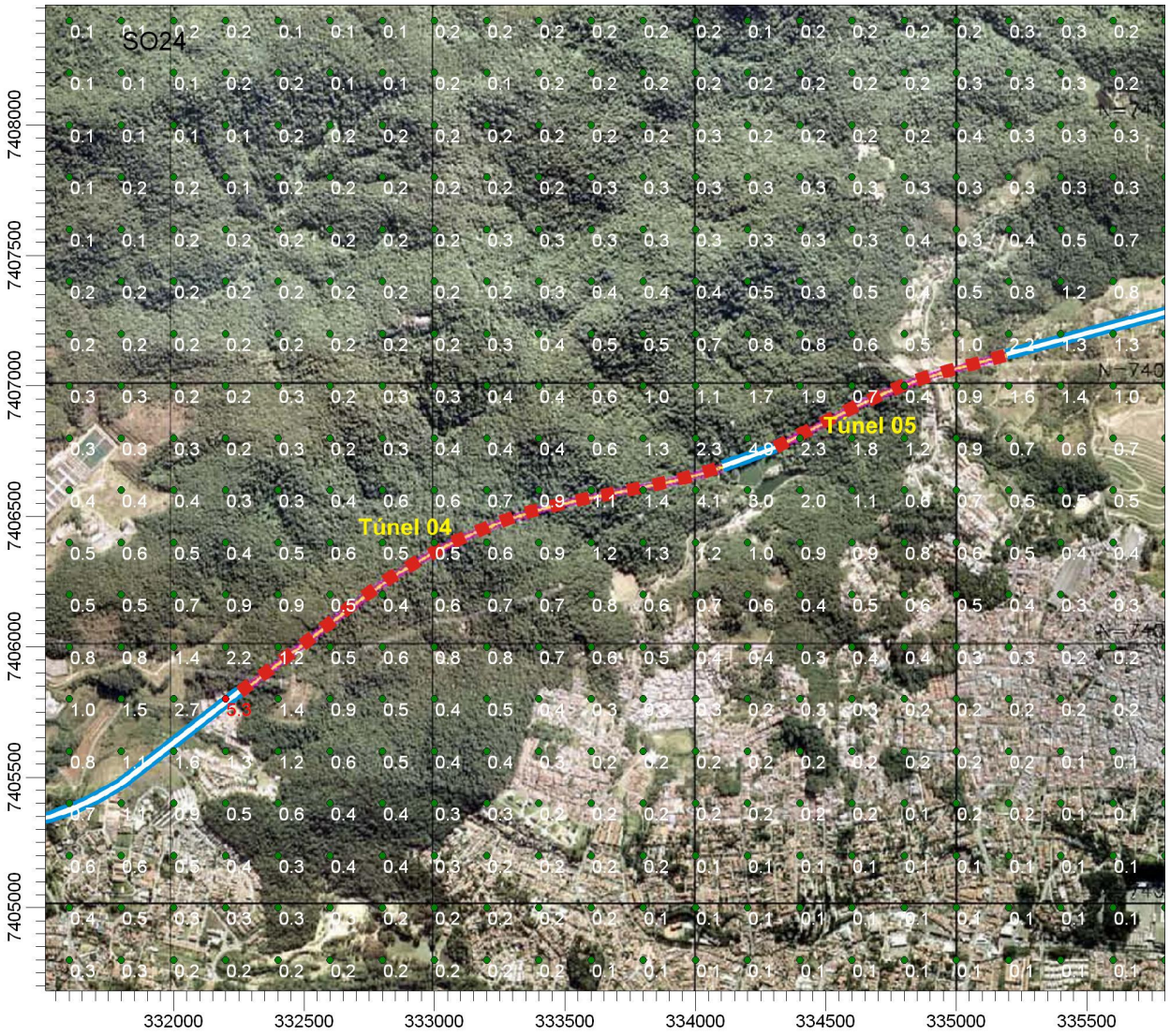
Túnel 04 e 05, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de MP (µg/m³), Período – Anual

Poluente: PI
Período: Anual
Padrão Primário: 50 µg/m³



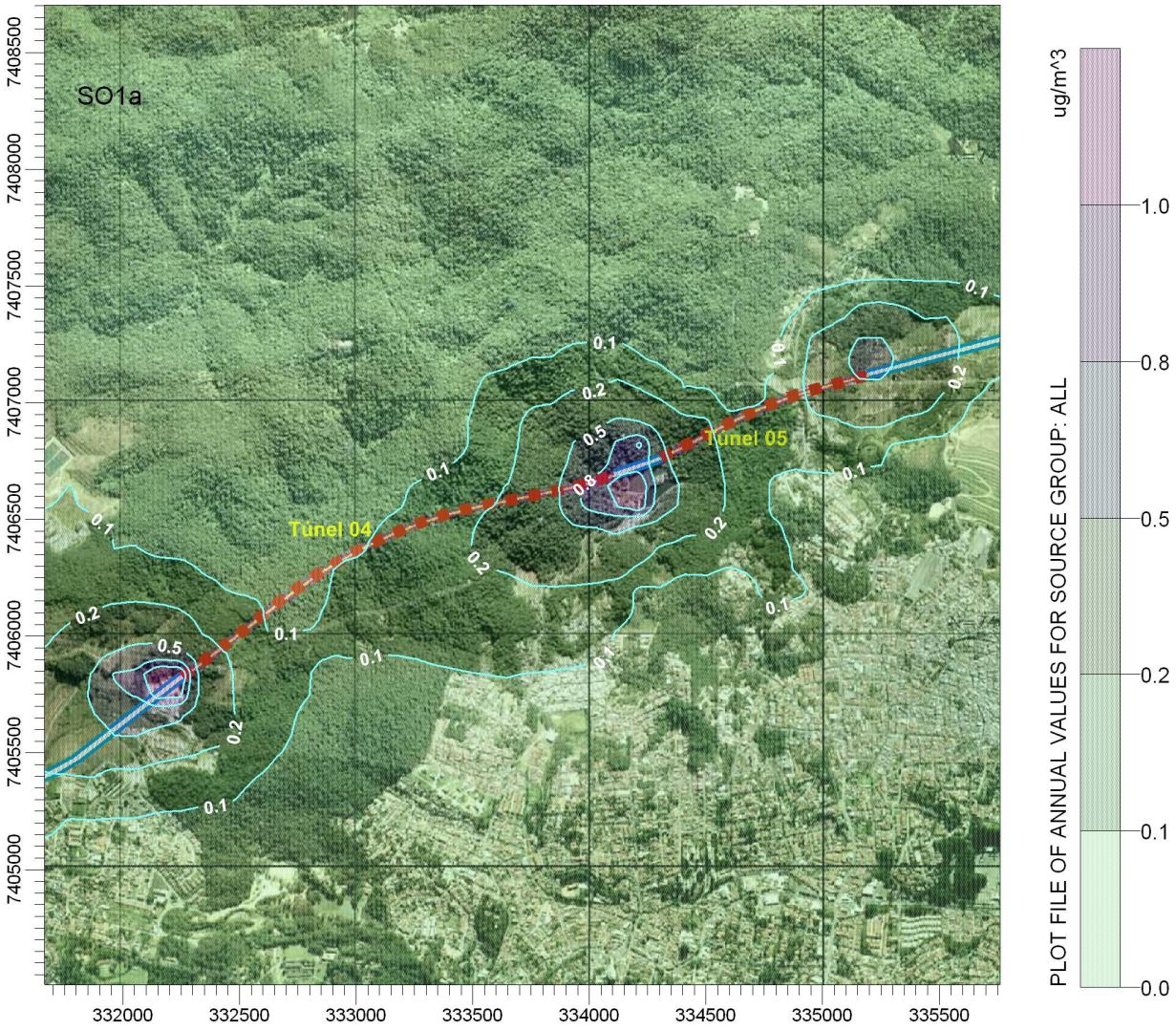
Túnel 04 e 05, Cenário 2.014: Concentração de SO_2 (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: SO_2
Período: 24 horas
Padrão Primário: 365 µg/m³
Padrão Secundário: 100 µg/m³



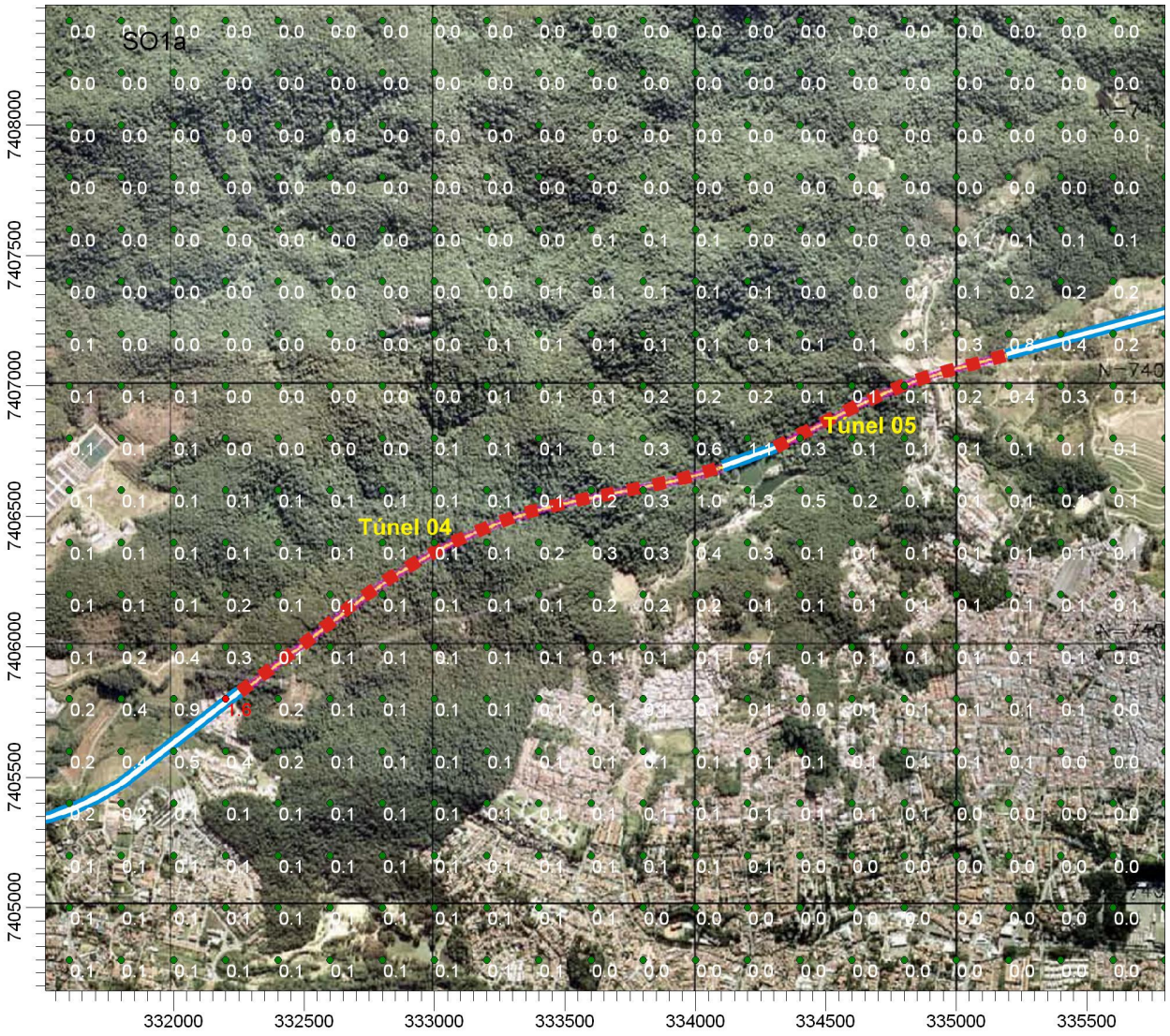
Túnel 04 e 05, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de SO_2 (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: SO_2
Período: 24 horas
Padrão Primário: 365 µg/m³
Padrão Secundário: 100 µg/m³



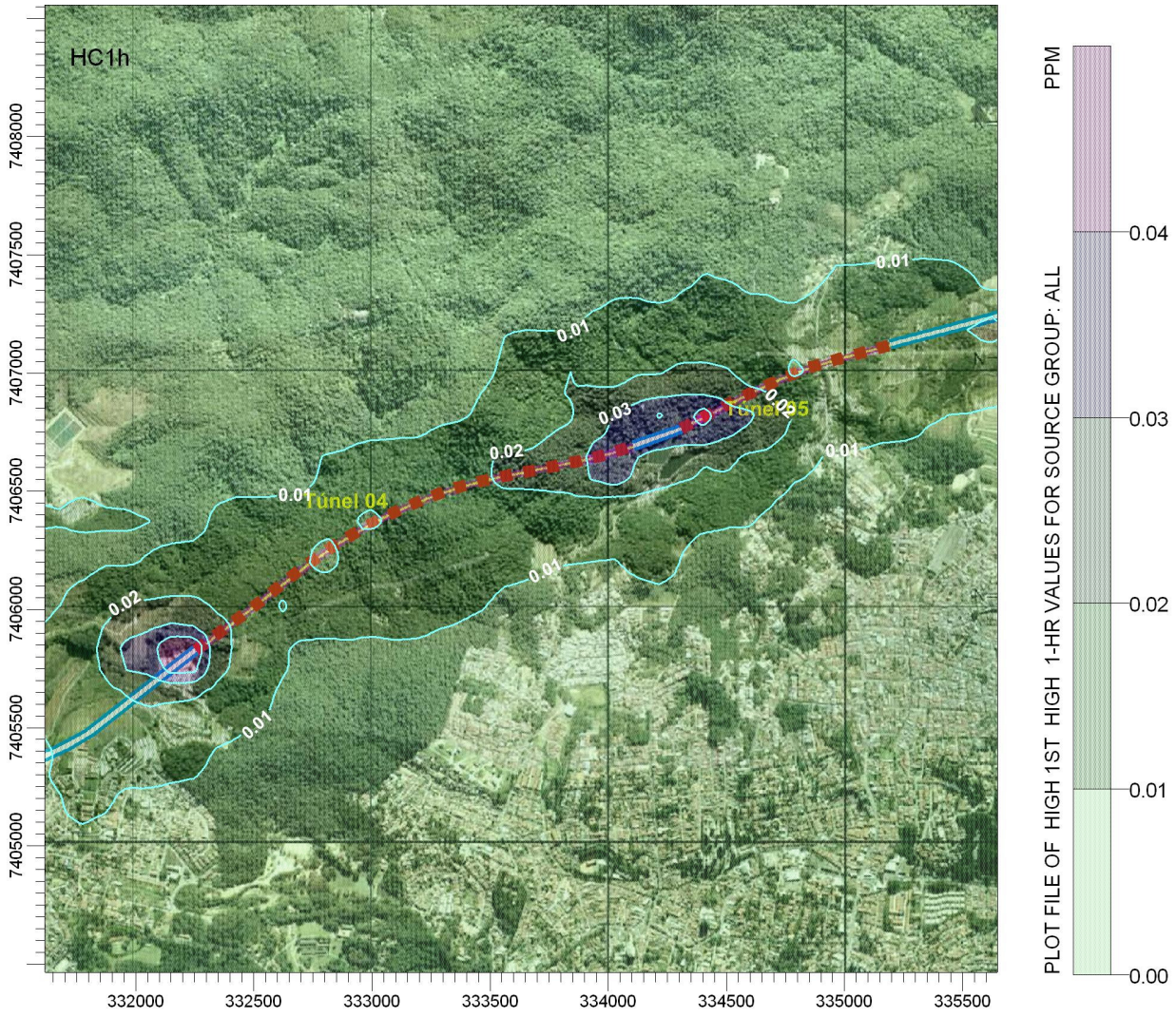
Túnel 04 e 05, Cenário 2.014: Concentração de SO_2 (µg/m³), Período – Anual

Poluente: SO_2
Período: Anual
Padrão Primário: 80 µg/m³
Padrão Secundário: 40 µg/m³



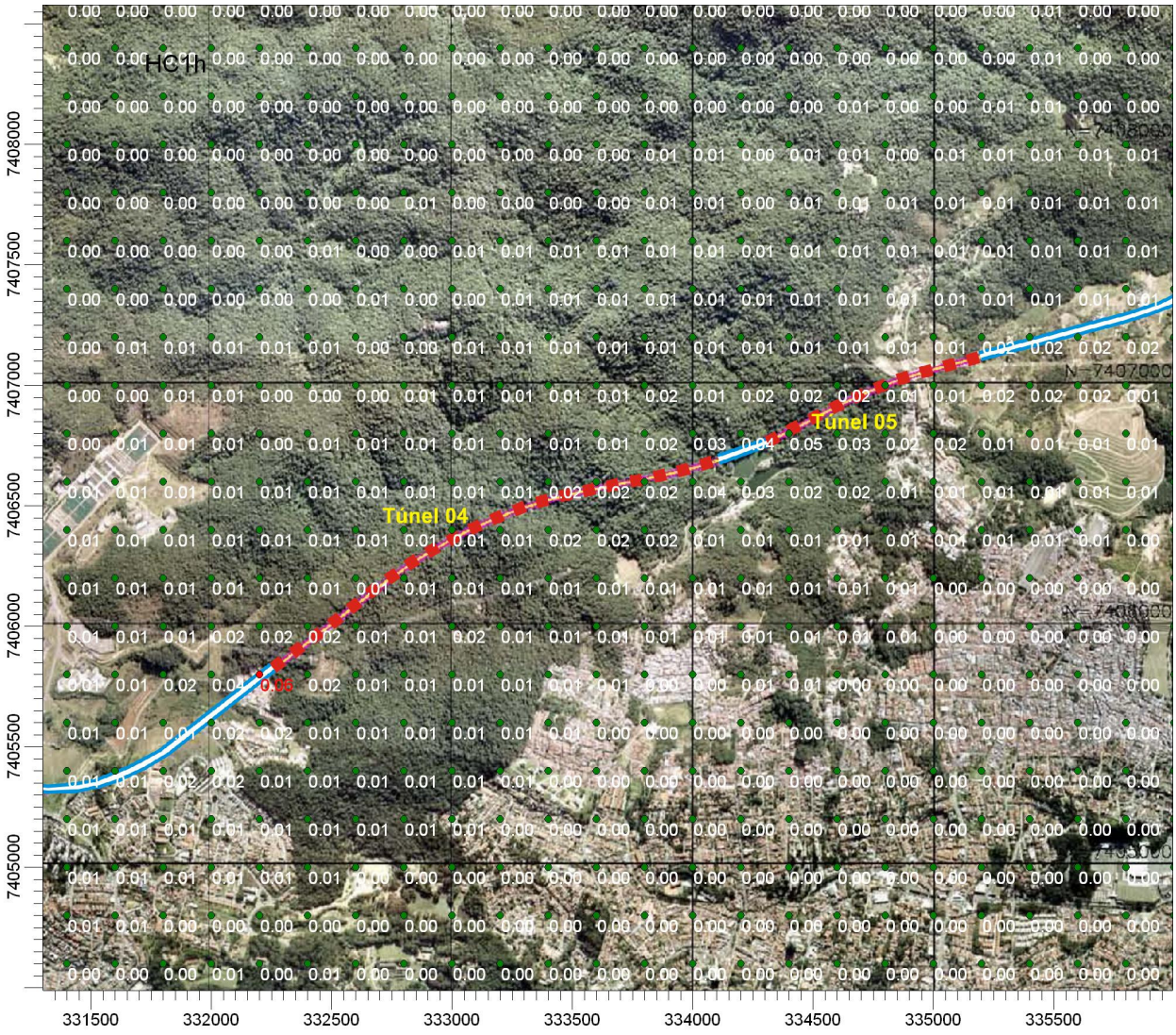
Túnel 04 e 05, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de SO_2 (µg/m³), Período – Anual

Poluente: SO_2
Período: Anual
Padrão Primário: 80 µg/m³
Padrão Secundário: 40 µg/m³



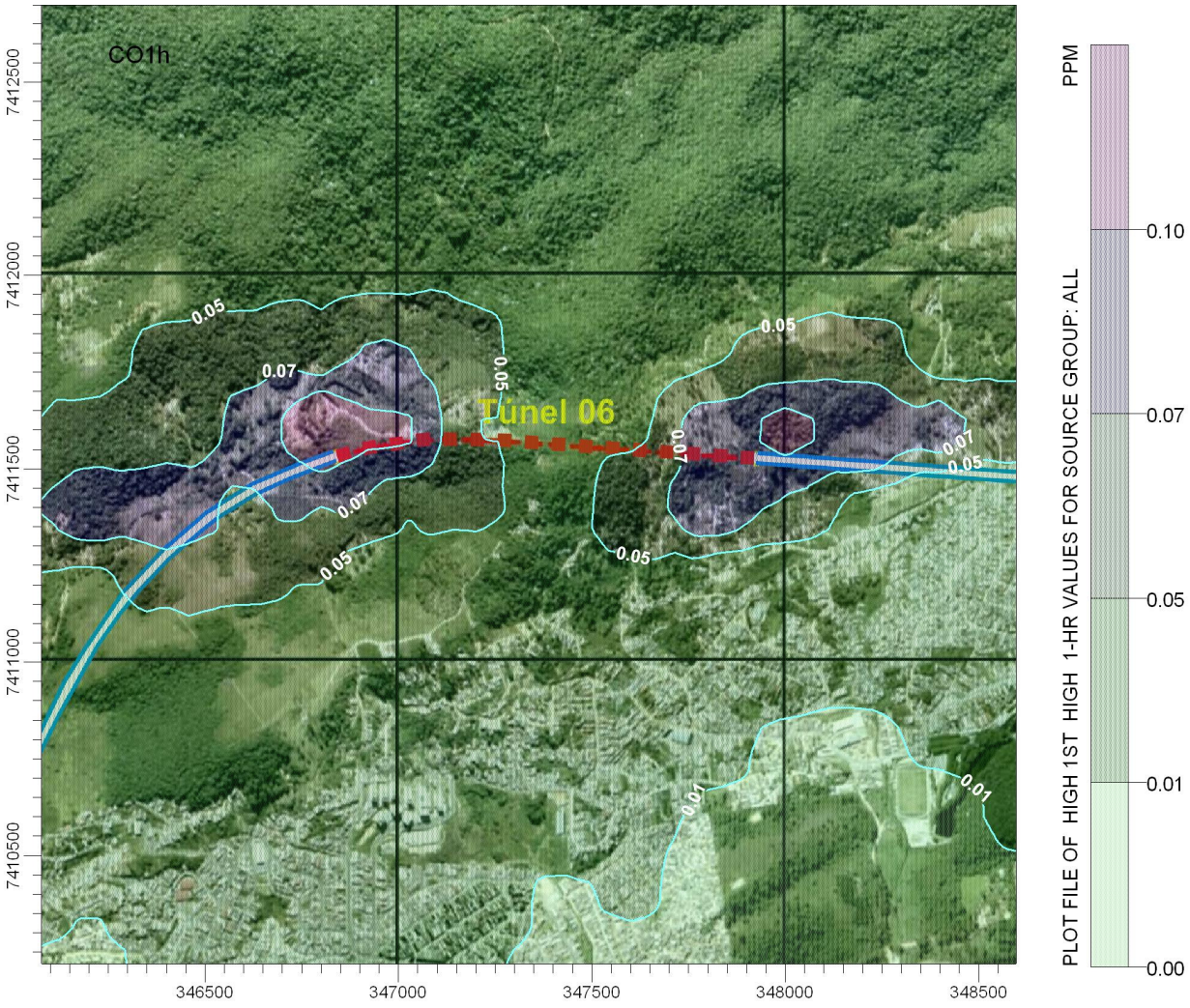
Túnel 04 e 05, Cenário 2.014: Concentração de HC (ppm), Período – 1 hora

Poluente: HC (como Hexano)
Período: 1 hora
Padrão Primário: -



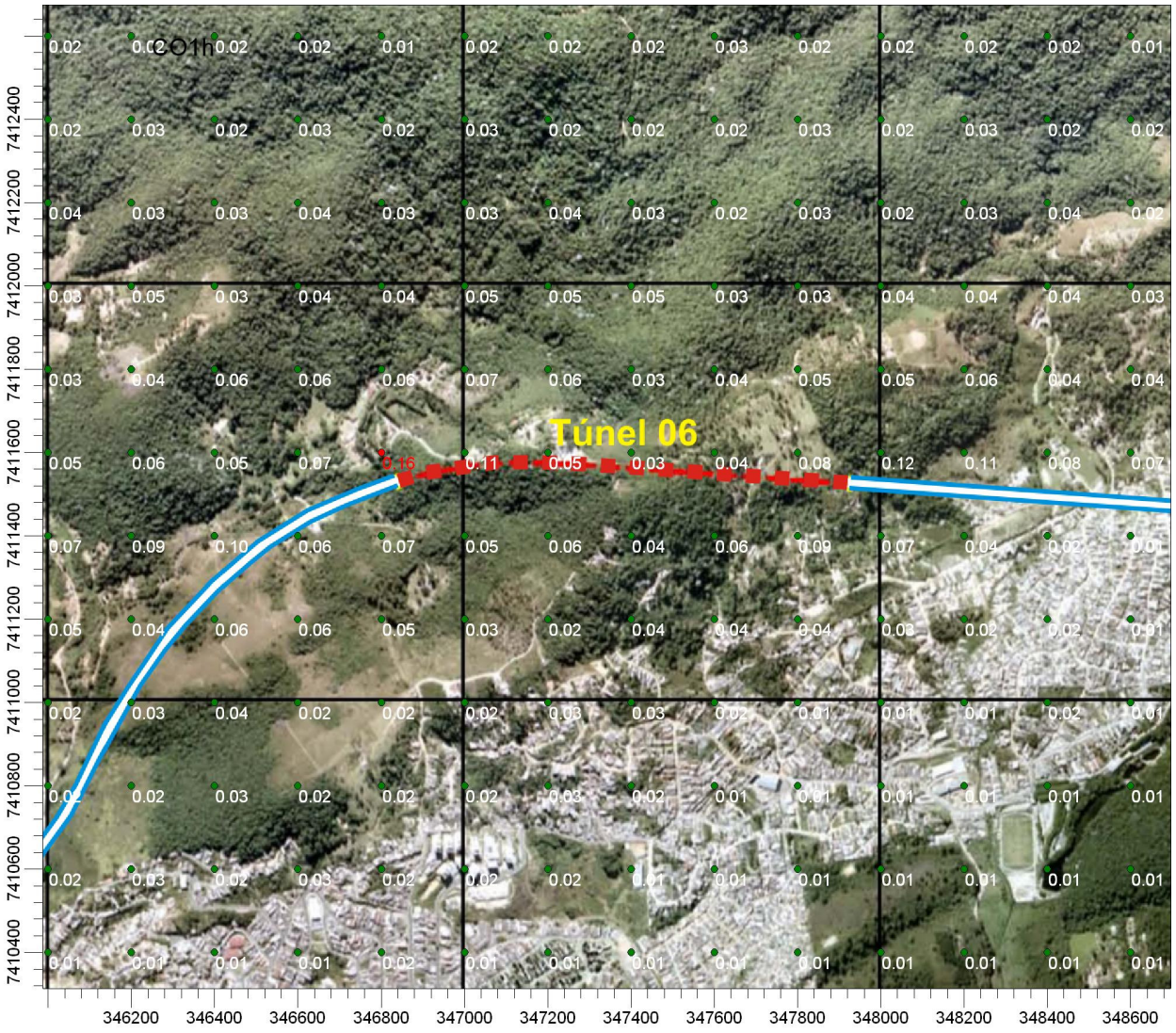
Túnel 04 e 05, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de HC (ppm), Período – 1 hora

Poluente: HC (como Hexano)
Período: 1 hora
Padrão Primário: -



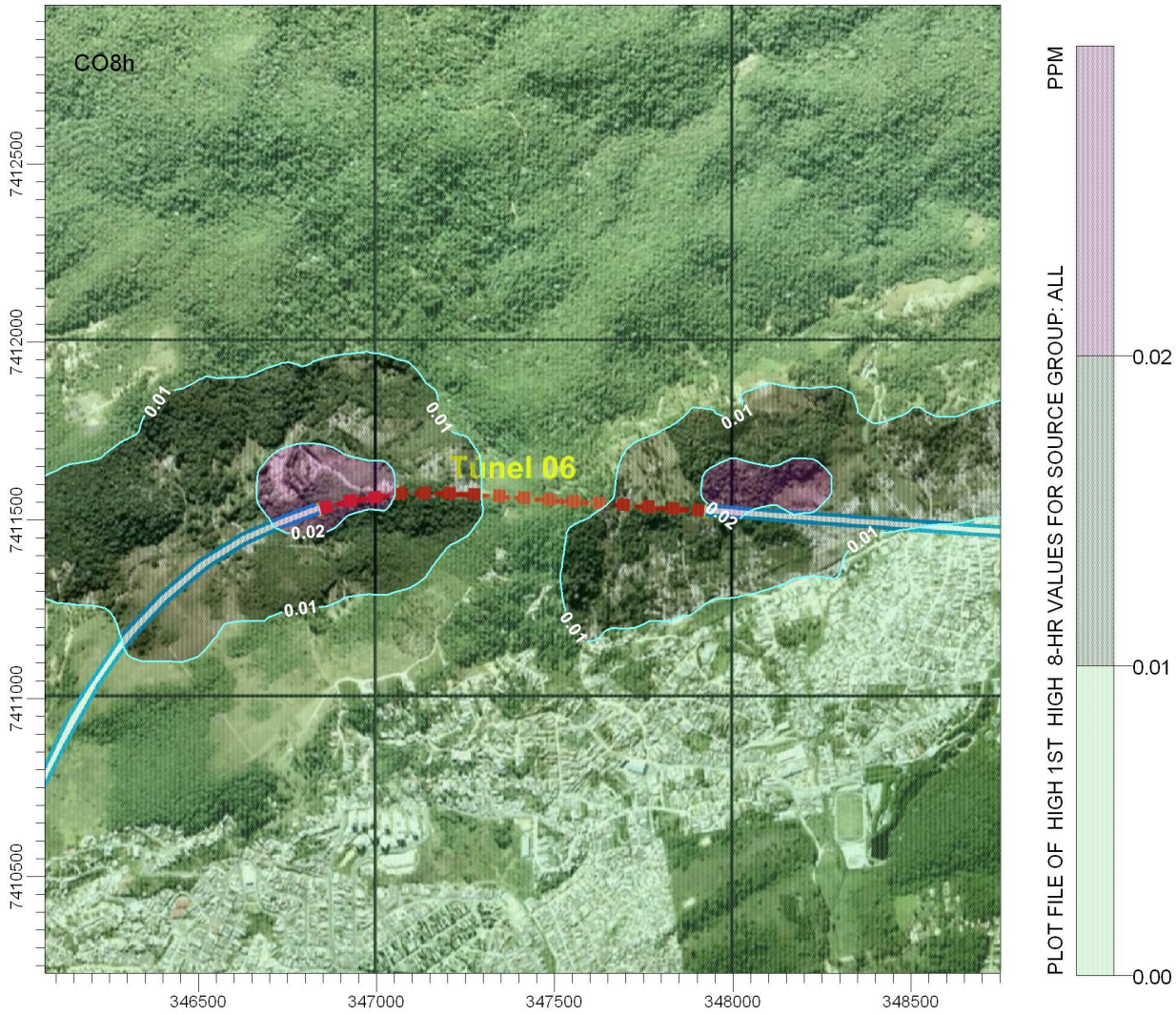
Túnel 06, Cenário 2.014: Concentração de CO (ppm), Período – 1 hora

Poluente: CO
Período: 1 hora
Padrão Primário: 40.000 µg/m³ (34,9 ppm)



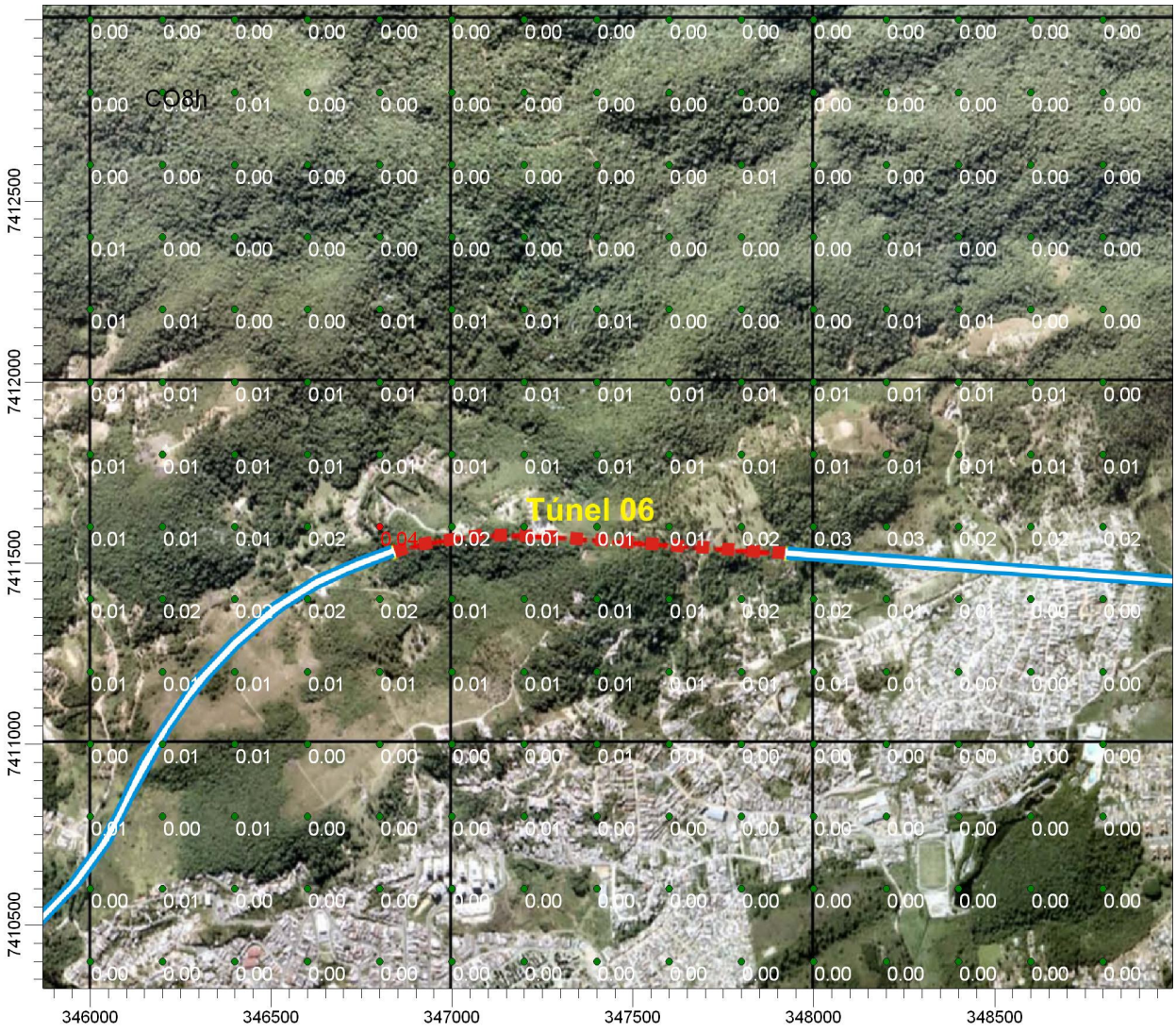
Túnel 06, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de CO (ppm), Período – 1 hora

Poluente: CO
Período: 1 hora
Padrão Primário: 40.000 µg/m³ (34,9 ppm)



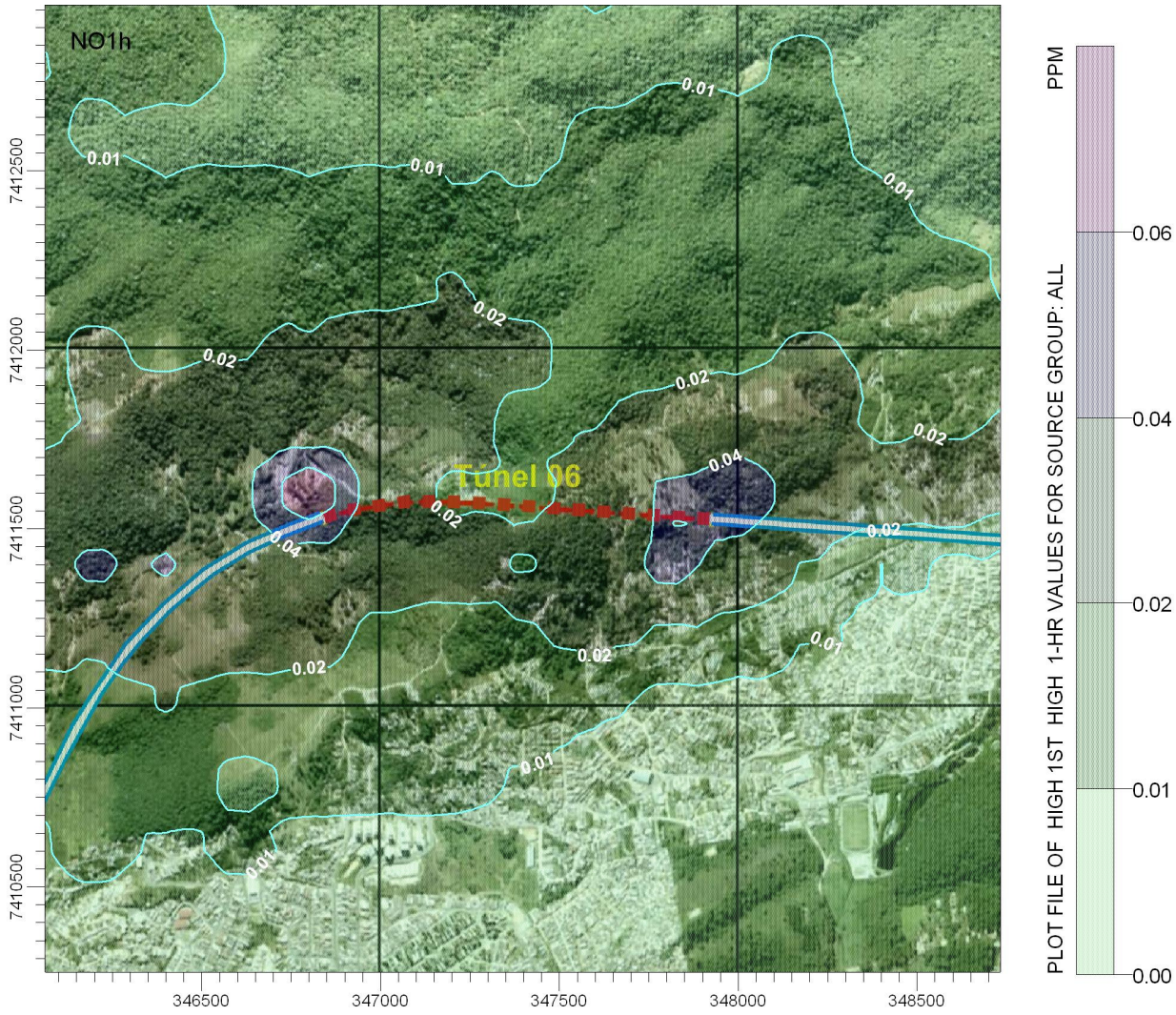
Túnel 06, Cenário 2.014: Concentração de CO (ppm), Período – 8 horas

Poluente: CO
Período: 8 horas
Padrão Primário: 10.000 µg/m³ (8,7 ppm)



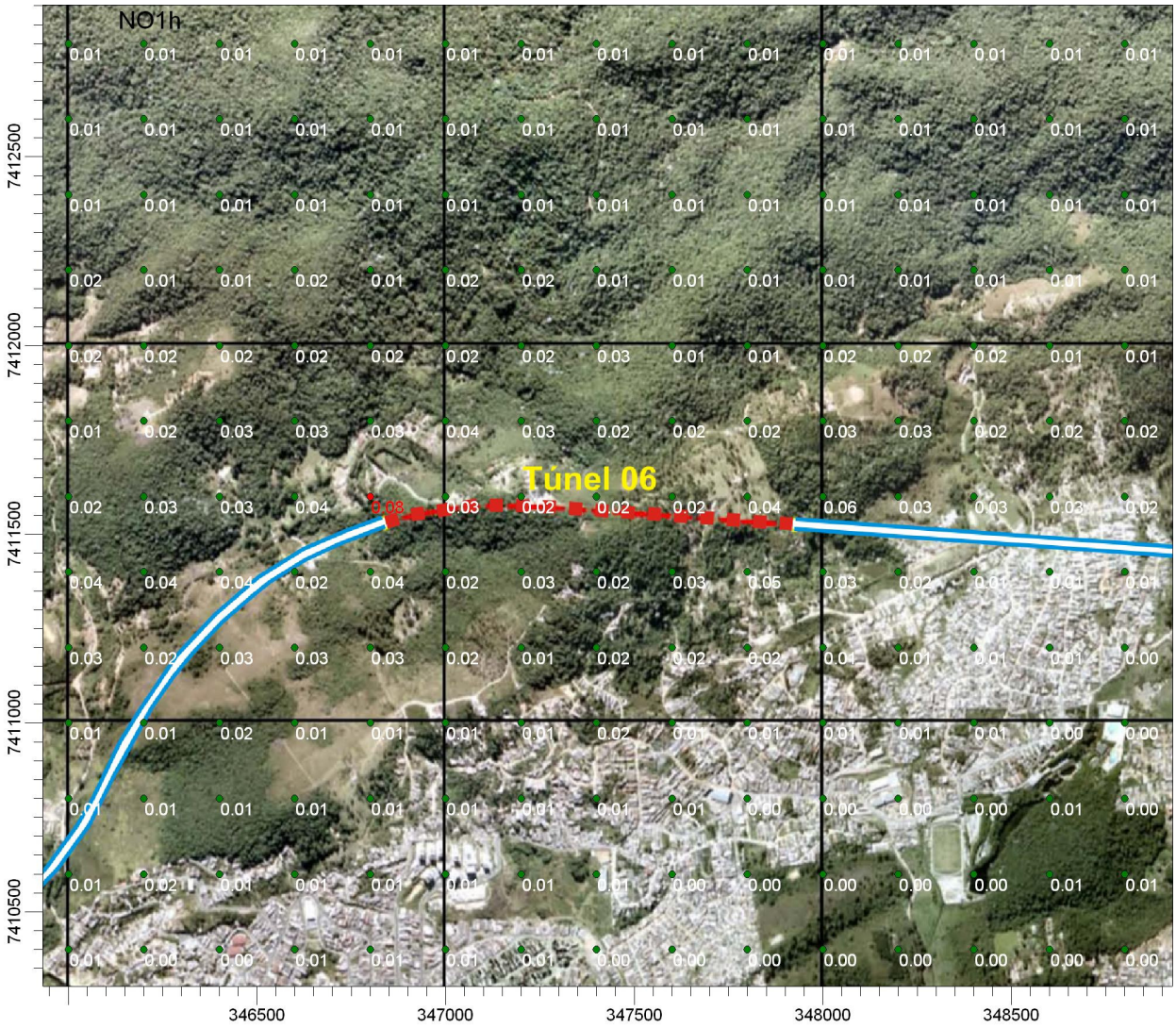
Túnel 06, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de CO (ppm), Período – 8 horas

Poluente: CO
Período: 8 horas
Padrão Primário: 10.000 µg/m³ (8,7 ppm)



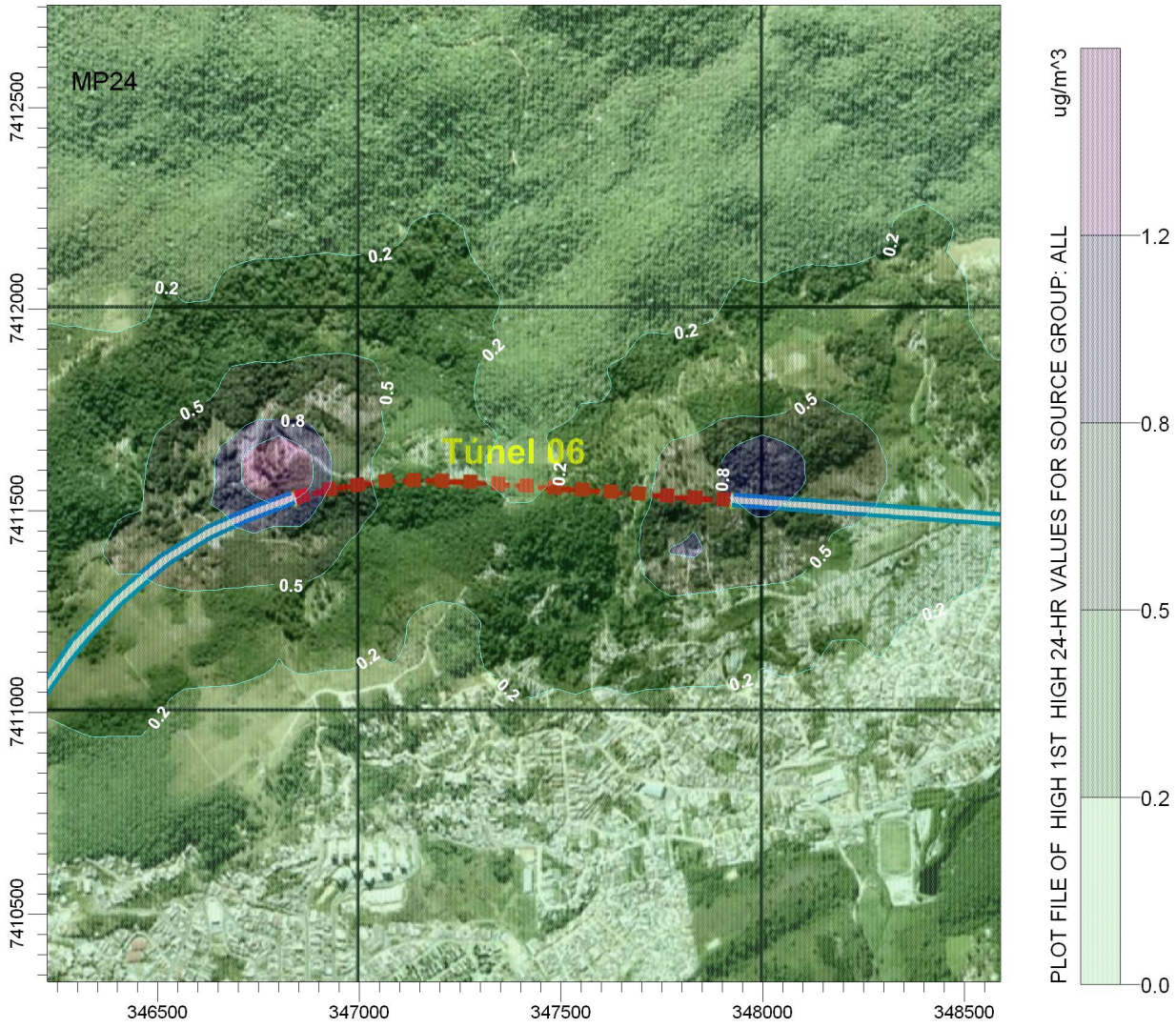
Túnel 06, Cenário 2.014: Concentração De NO_2 (ppm), Período – 1 hora

Poluente: NO_2
Período: 1 hora
Padrão Primário: 320 µg/m³ (0,17 ppm)



Túnel 06, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de NO_2 (ppm), Período – 1 hora

Poluente: NO_2
Período: 1 hora
Padrão Primário: 320 µg/m³ (0,17 ppm)

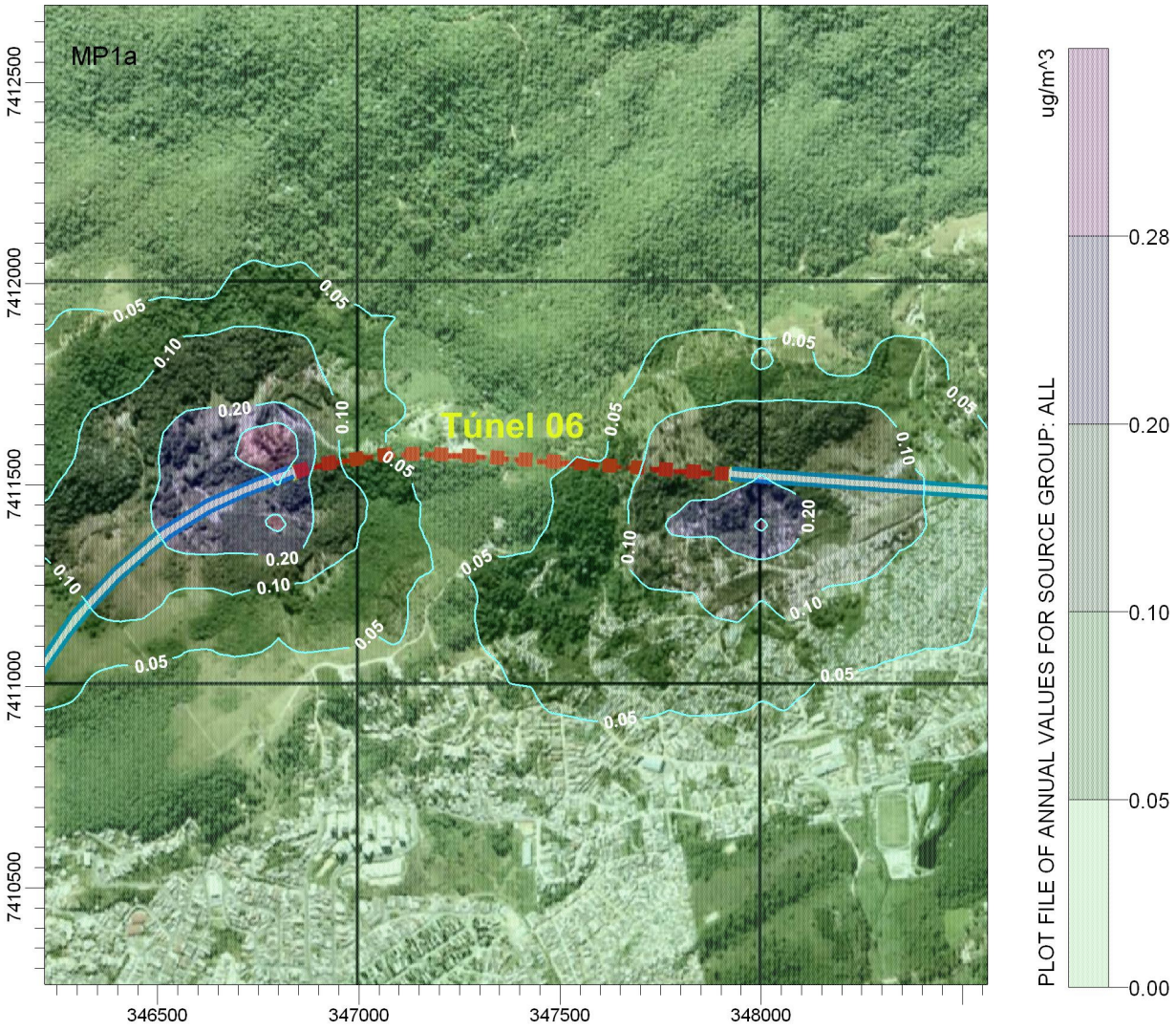


Túnel 06, Cenário 2.014: Concentração de MP (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: PI
Período: 24 horas
Padrão Primário: 150 µg/m³

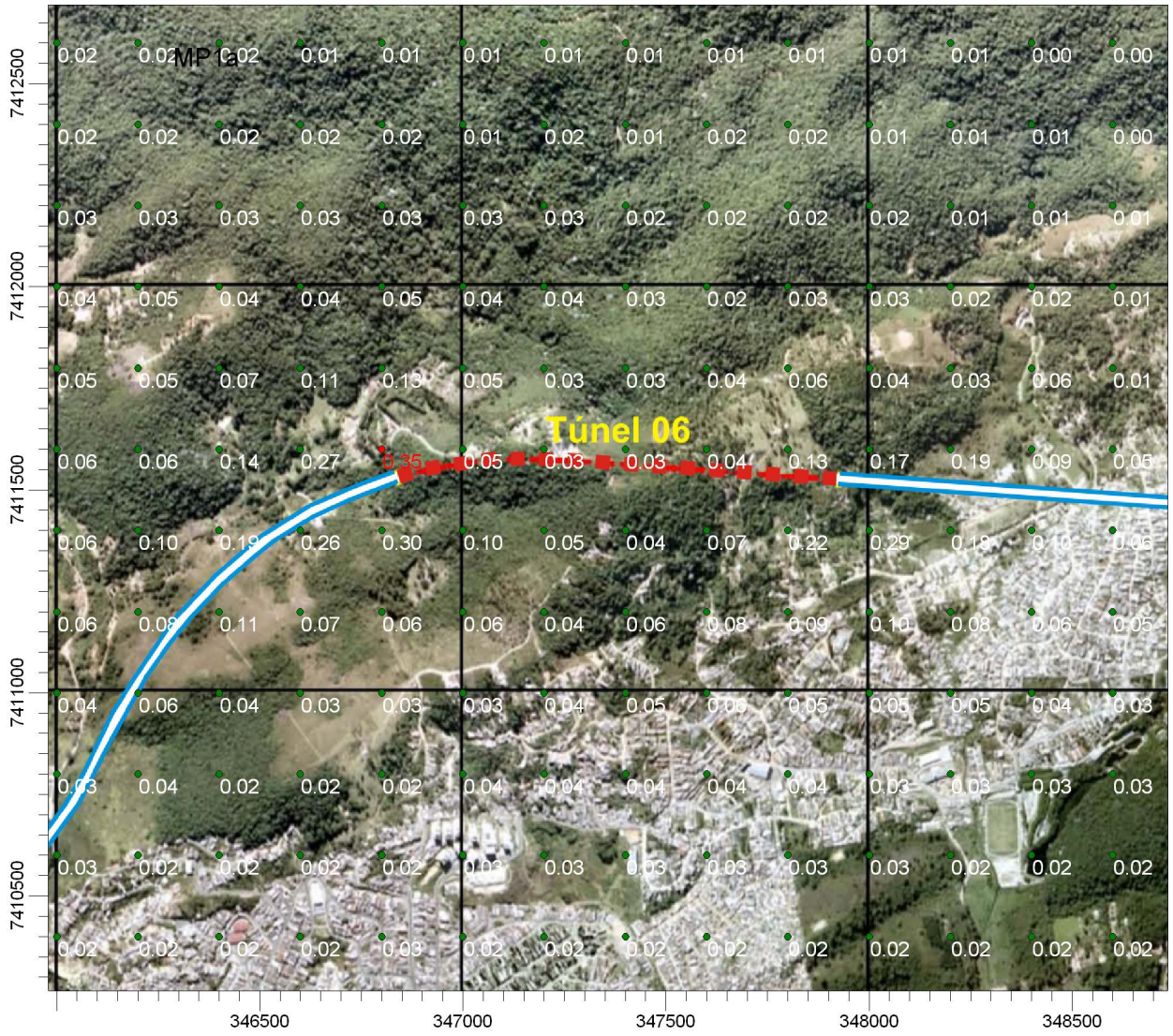
Túnel 06, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de MP (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: PI
Período: 24 horas
Padrão Primário: 150 µg/m³



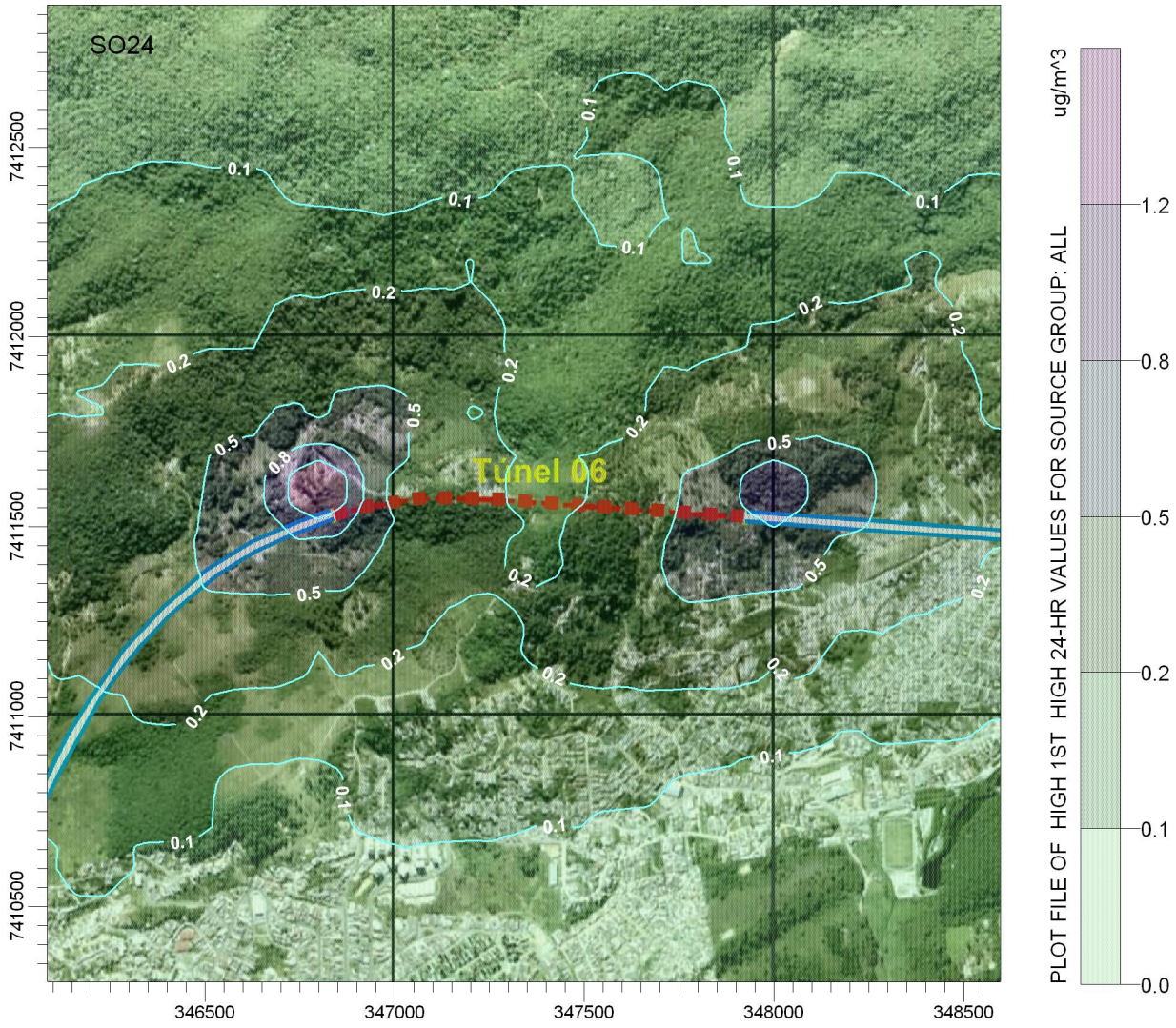
Túnel 06, Cenário 2.014: Concentração de MP (µg/m³), Período – Anual

Poluente: PI
Período: Anual
Padrão Primário: 50 µg/m³



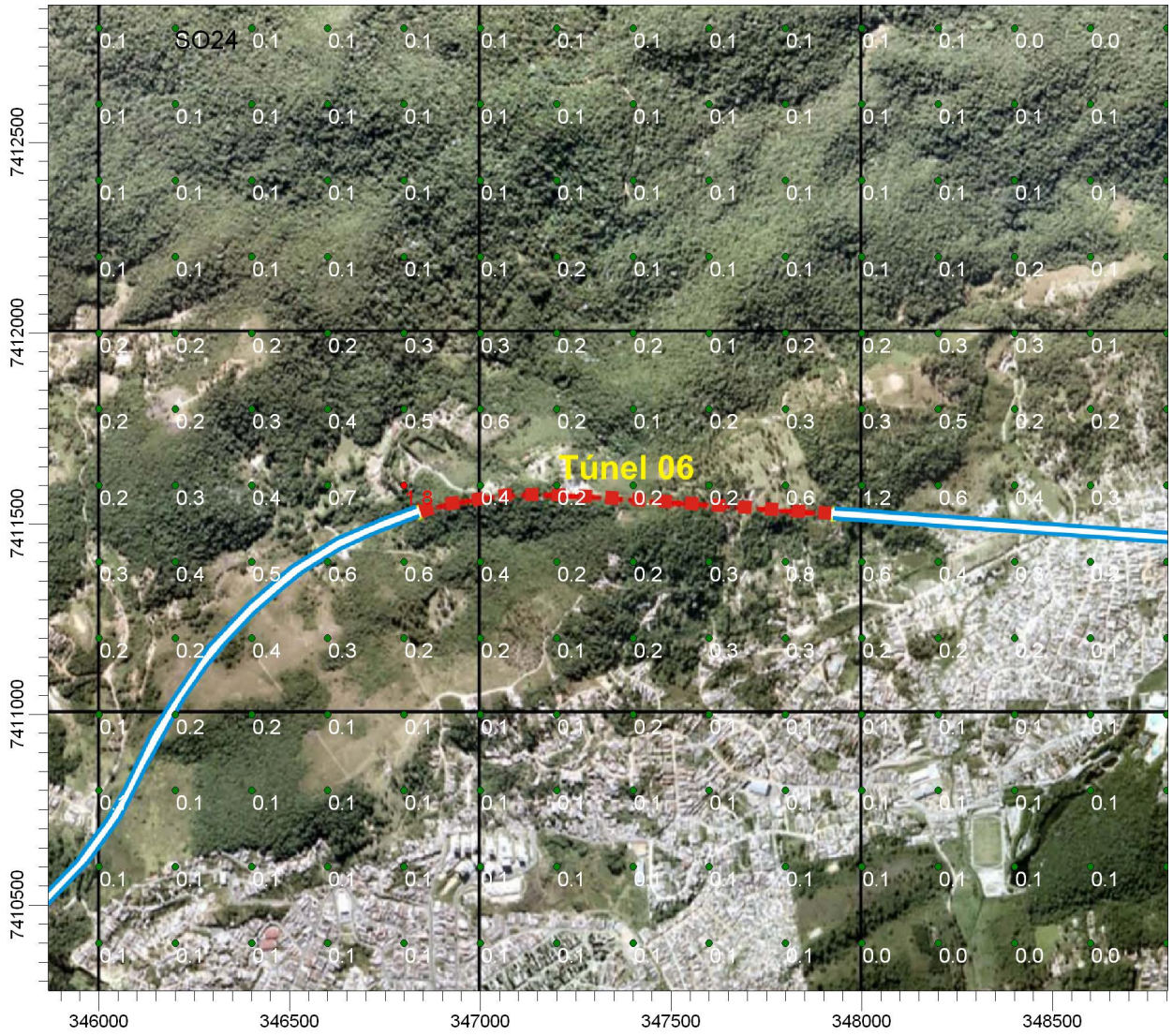
Túnel 06, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de MP (µg/m³), Período – Anual

Poluente: PI
Período: Anual
Padrão Primário: 50 µg/m³



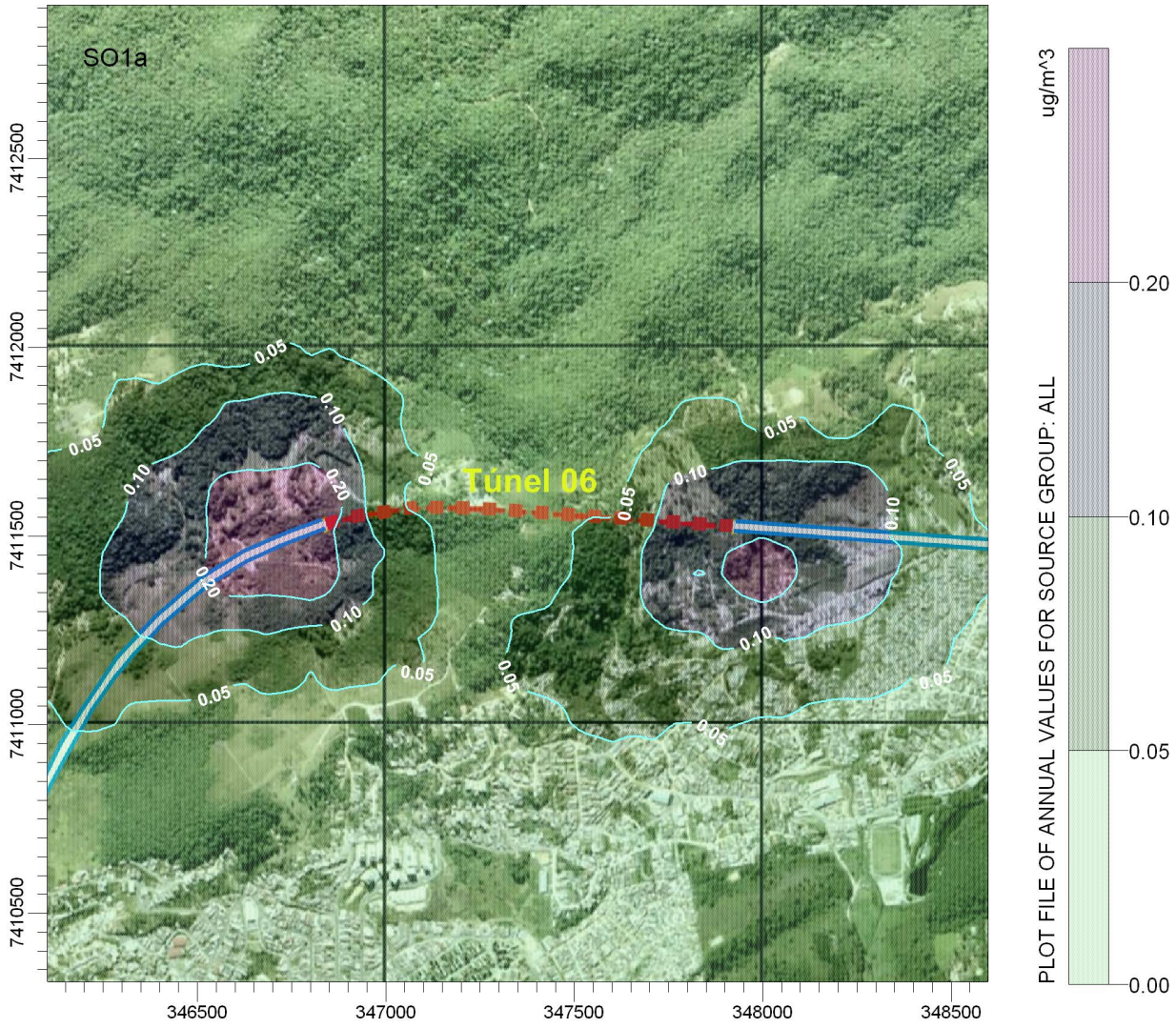
Túnel 06, Cenário 2.014: Concentração de SO_2 (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: SO_2
Período: 24 horas
Padrão Primário: 365 µg/m³
Padrão Secundário: 100 µg/m³



Túnel 06, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de SO_2 (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: SO_2
Período: 24 horas
Padrão Primário: 365 µg/m³
Padrão Secundário: 100 µg/m³

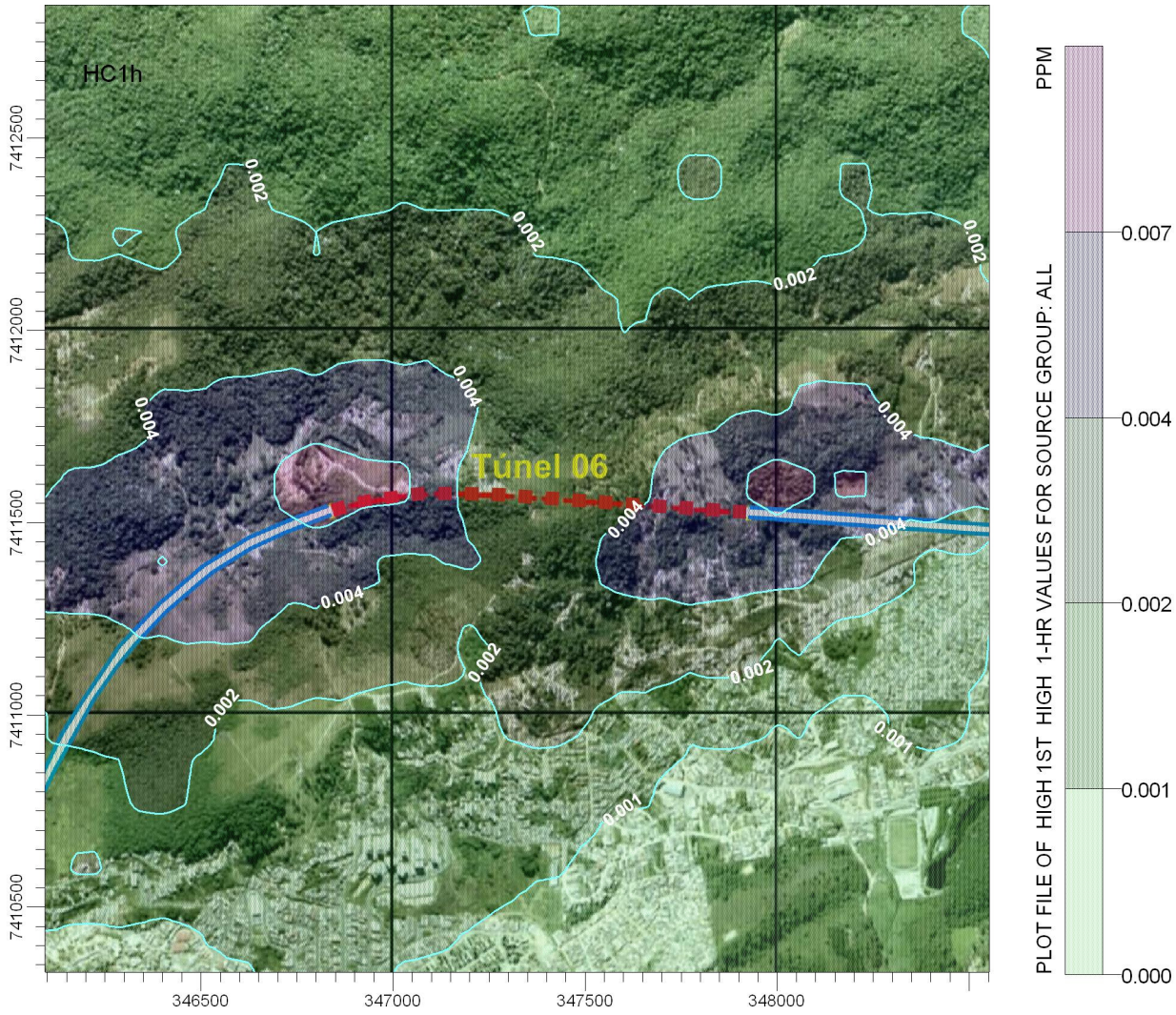


Túnel 06, Cenário 2.014: Concentração de SO_2 (µg/m³), Período – Anual

Poluente: SO_2
Período: Anual
Padrão Primário: 80 µg/m³
Padrão Secundário: 40 µg/m³

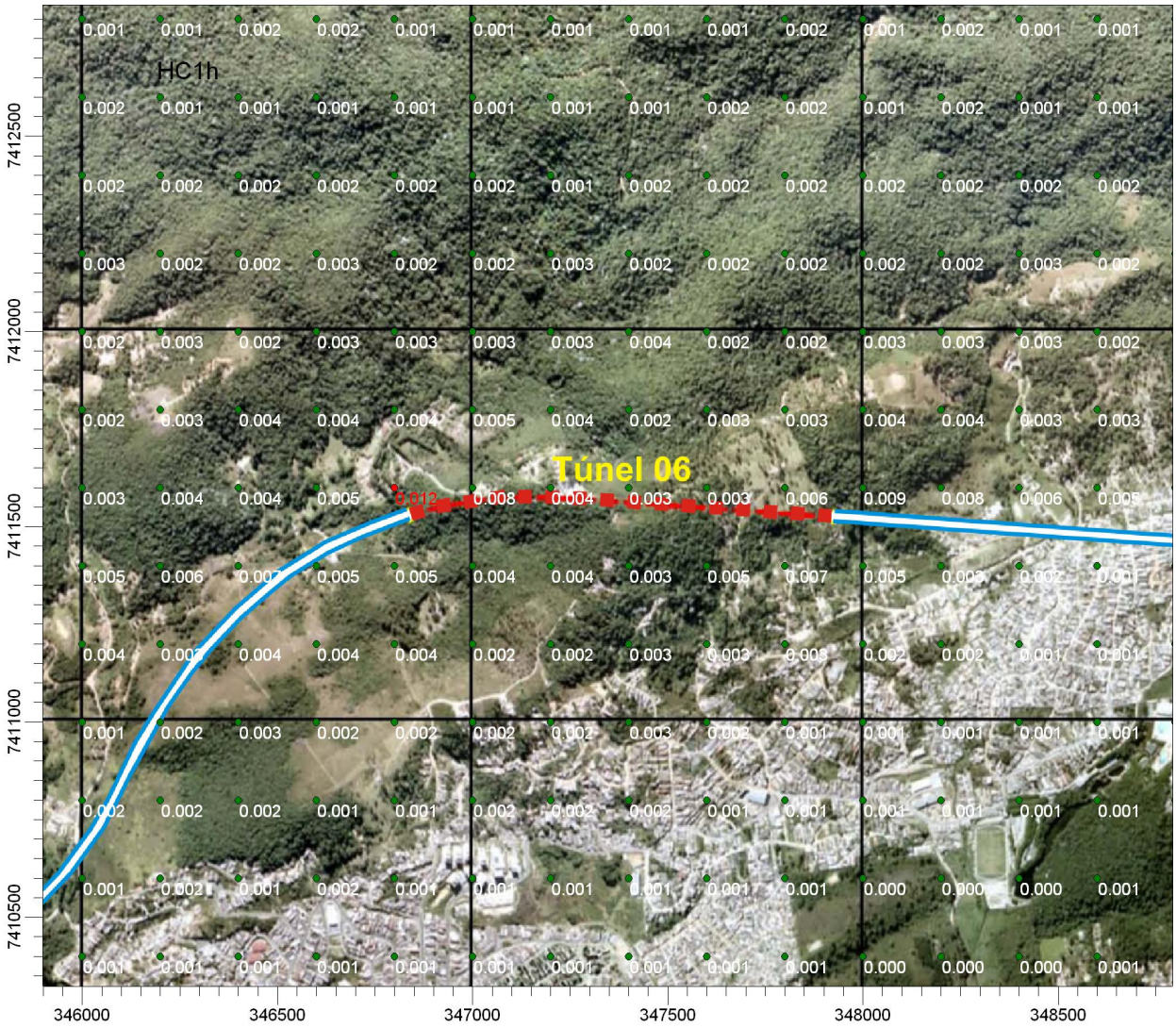
Túnel 06, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de SO_2 (µg/m³), Período – Anual

Poluente: SO_2
Período: Anual
Padrão Primário: 80 µg/m³
Padrão Secundário: 40 µg/m³



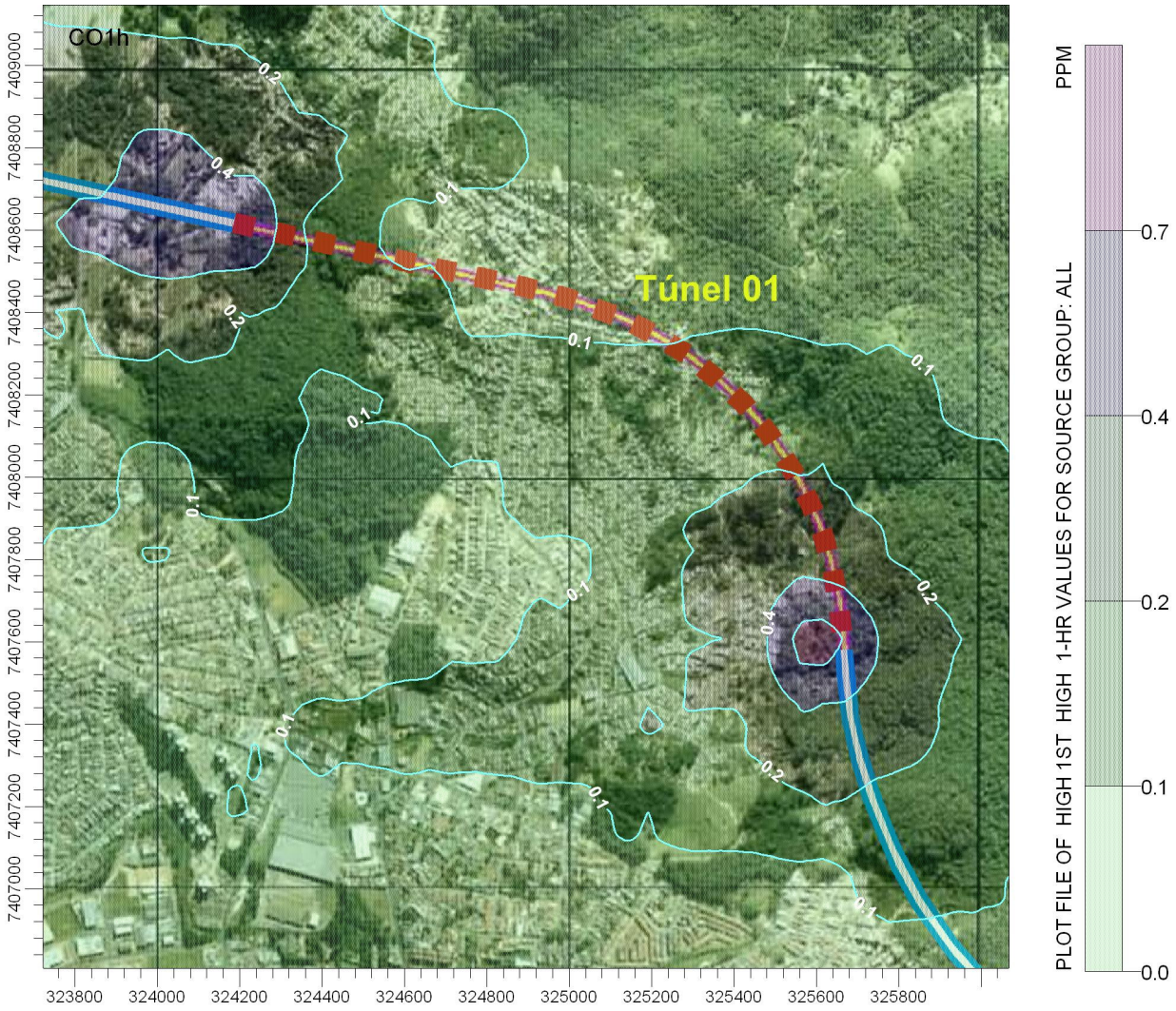
Túnel 06, Cenário 2.014: Concentração de HC (ppm), Período – 1 hora

Poluente: HC (como Hexano)
Período: 1 hora
Padrão Primário: -



Túnel 06, Cenário 2.014: Pontos de Concentração Calculada de HC (ppm), Período – 1 hora

Poluente: HC (como Hexano)
Período: 1 hora
Padrão Primário: -

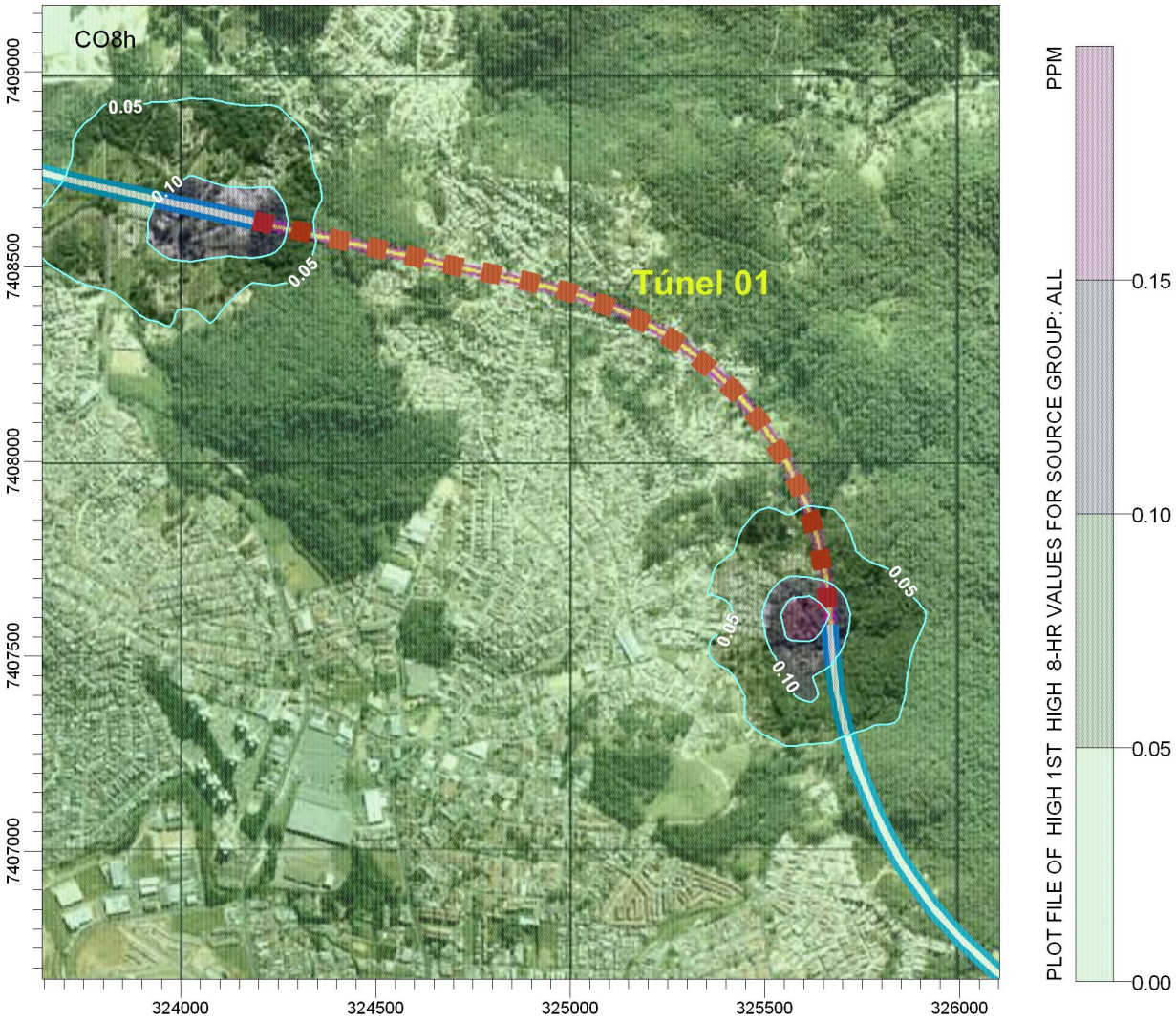


Túnel 01, Cenário 2.024: Concentração de CO (ppm), Período – 1 hora

Poluente: CO
Período: 1 hora
Padrão Primário: 40.000 µg/m³ (34,9 ppm)

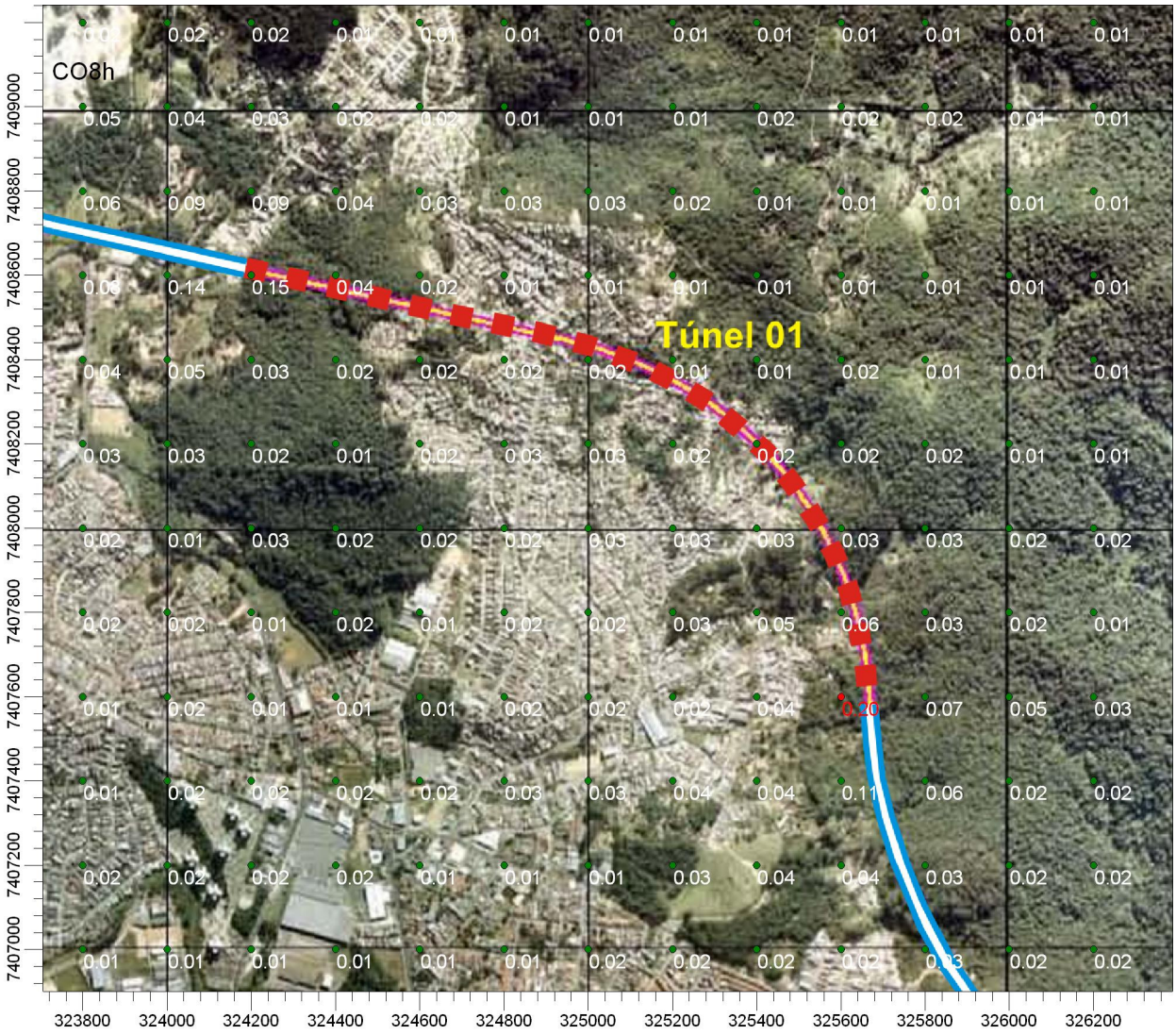
Túnel 01, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de CO (ppm), Período – 1 hora

Poluente: CO
Período: 1 hora
Padrão Primário: 40.000 µg/m³ (34,9 ppm)



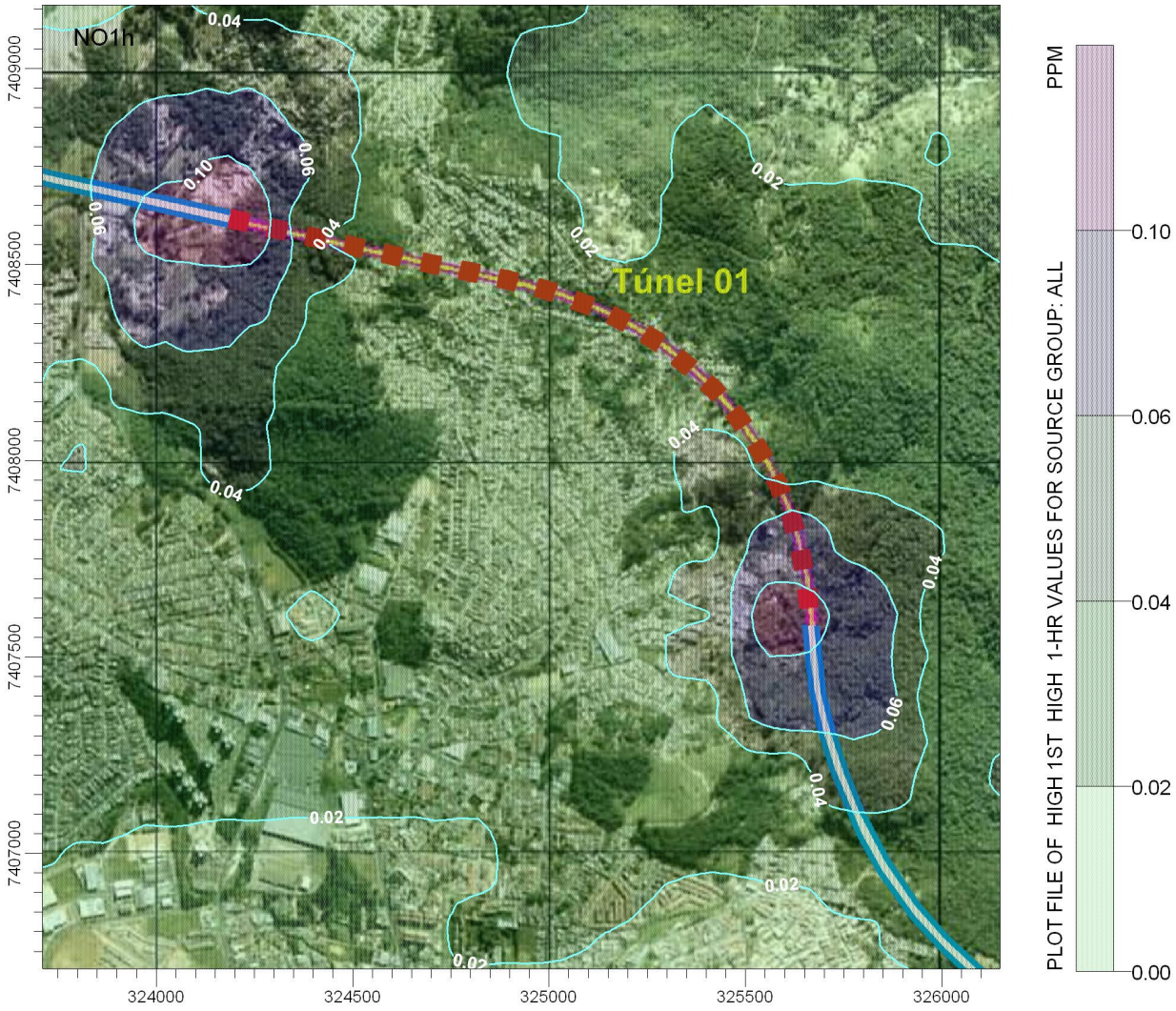
Túnel 01, Cenário 2.024: de CO (ppm), Período – 8 horas

Poluente: CO
Período: 8 horas
Padrão Primário: 10.000 µg/m³ (8,7 ppm)



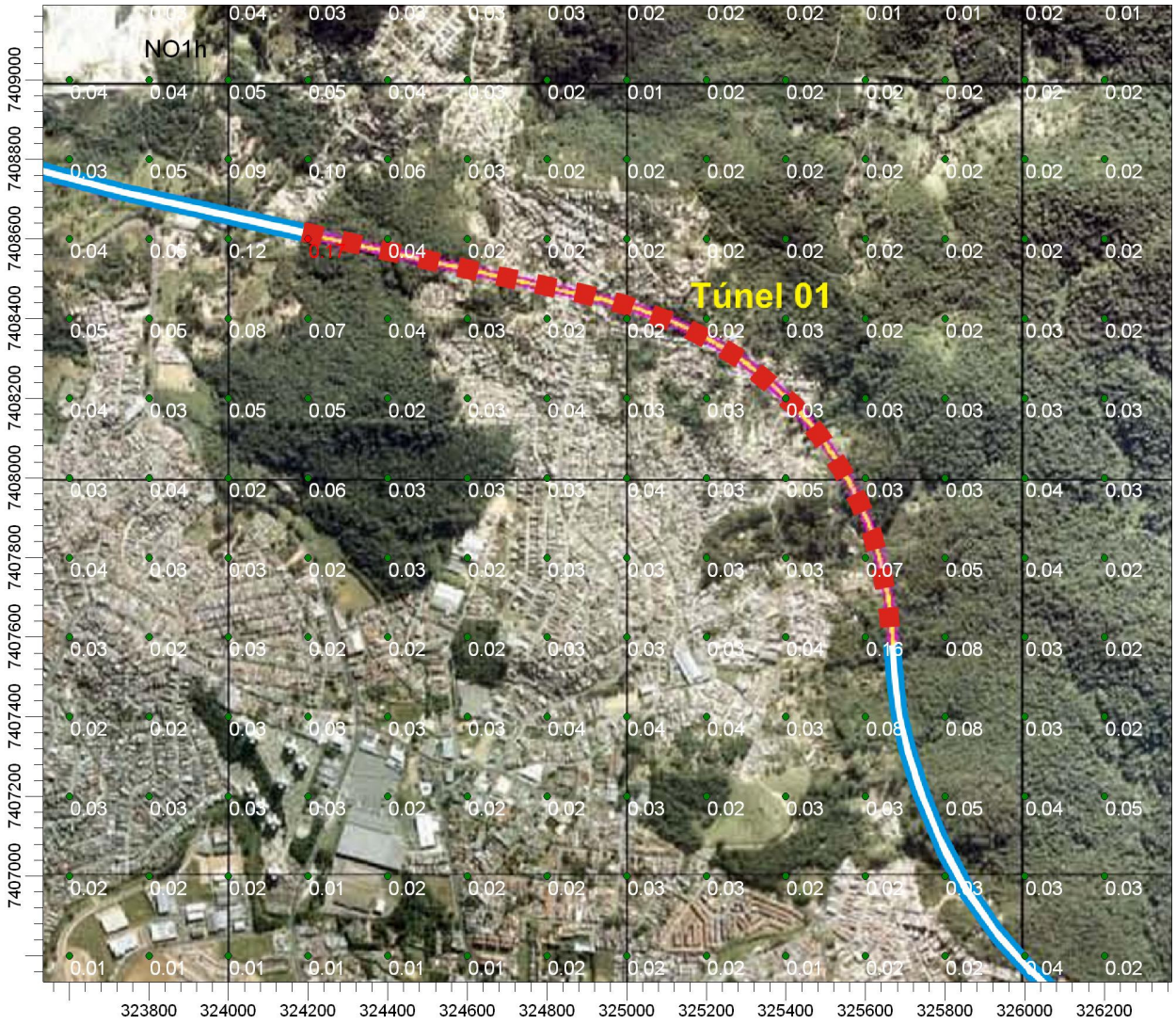
Túnel 01, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de CO (ppm), Período – 8 horas

Poluente: CO
Período: 8 horas
Padrão Primário: 10.000 µg/m³ (8,7 ppm)



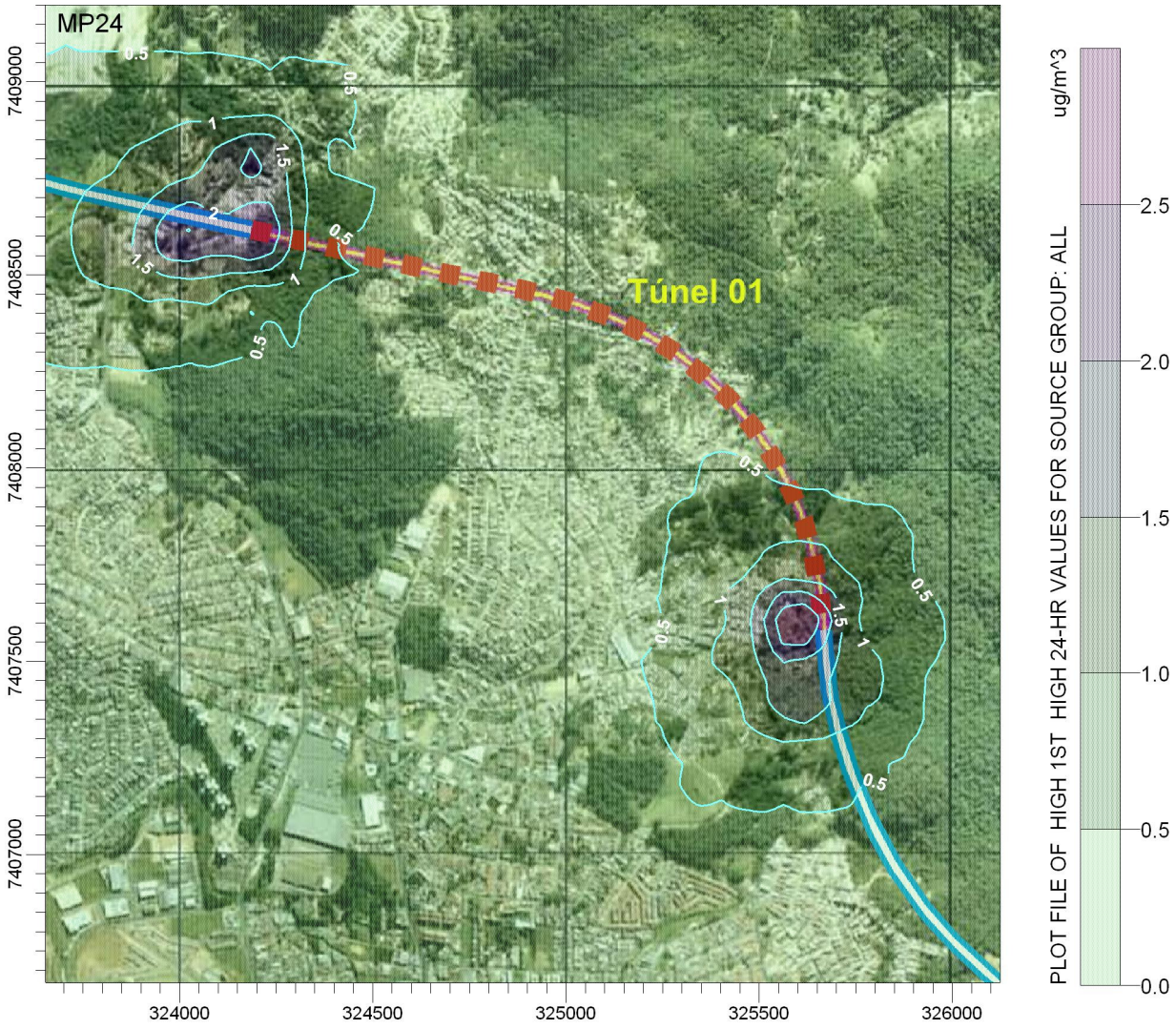
Túnel 01, Cenário 2.024: Concentração de NO_2 (ppm), Período – 1 hora

Poluente: NO_2
Período: 1 hora
Padrão Primário: 320 µg/m³ (0,17 ppm)



Túnel 01, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de NO_2 (ppm), Período – 1 hora

Poluente: NO_2
Período: 1 hora
Padrão Primário: 320 µg/m³ (0,17 ppm)

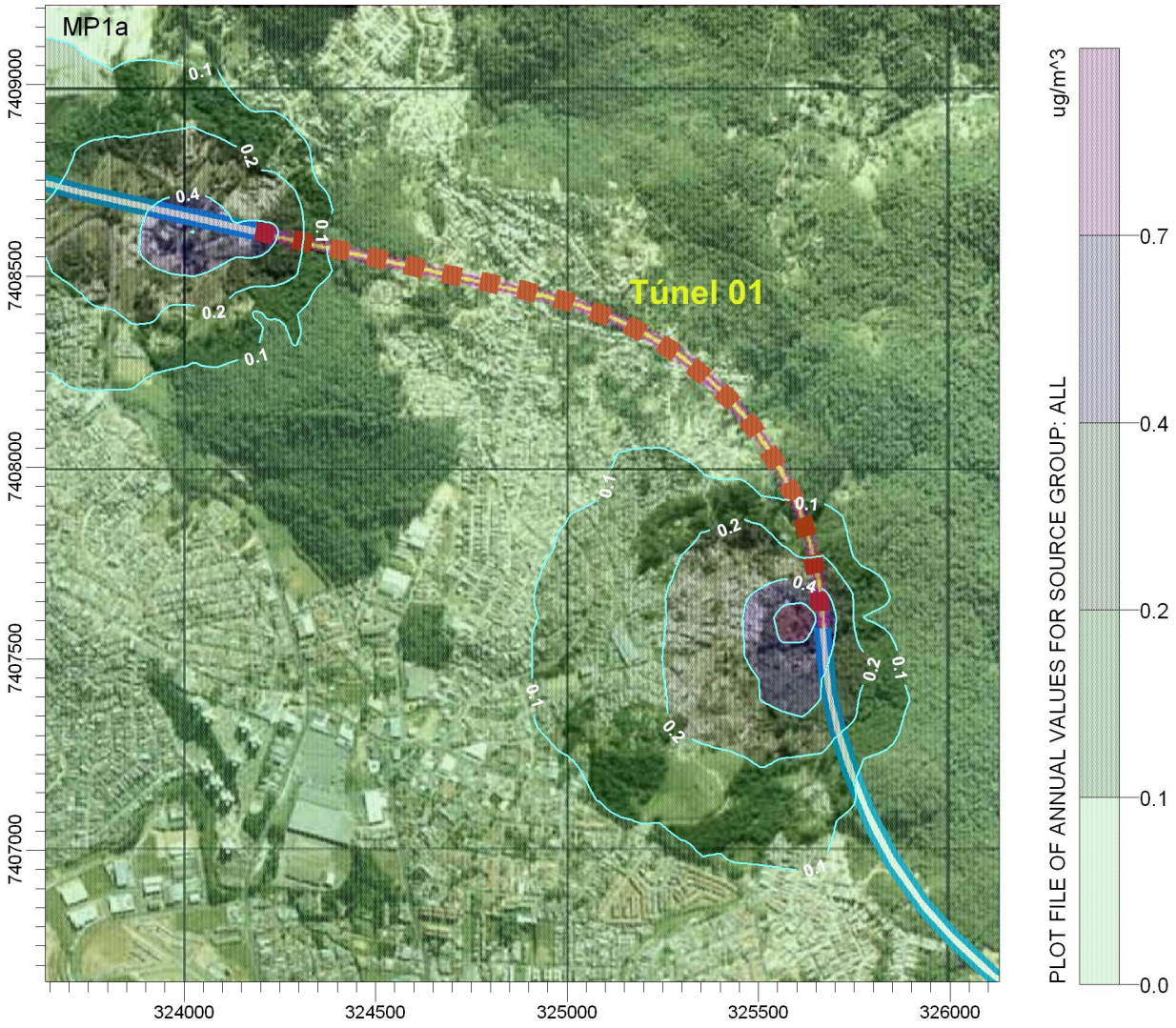


Túnel 01, Cenário 2.024: Concentração de MP (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: PI
Período: 24 horas
Padrão Primário: 150 µg/m³

Túnel 01, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de MP (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: PI
Período: 24 horas
Padrão Primário: 150 µg/m³

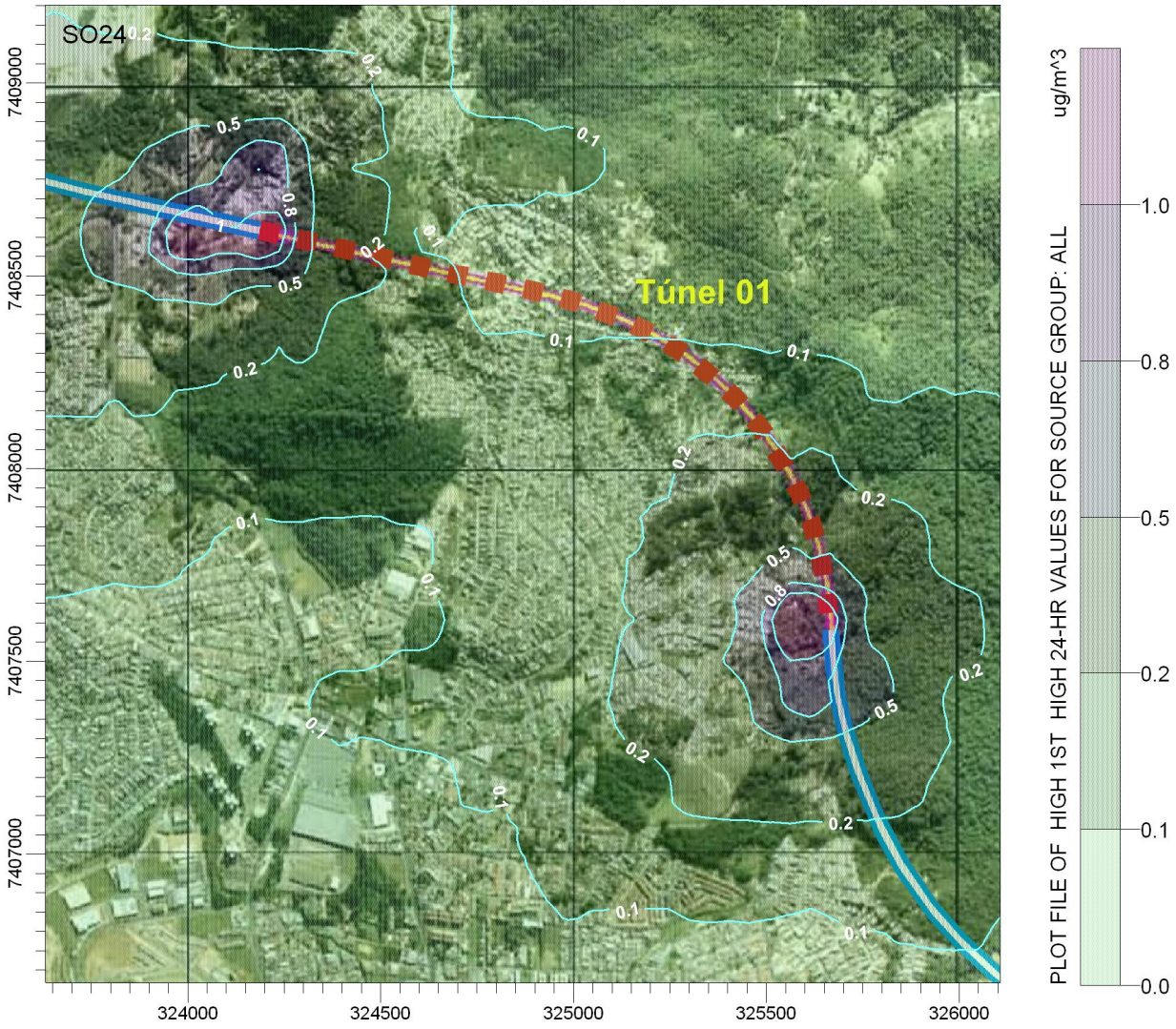


Túnel 01, Cenário 2.024: Concentração de MP (µg/m³), Período – Anual

Poluente: PI
Período: Anual
Padrão Primário: 50 µg/m³

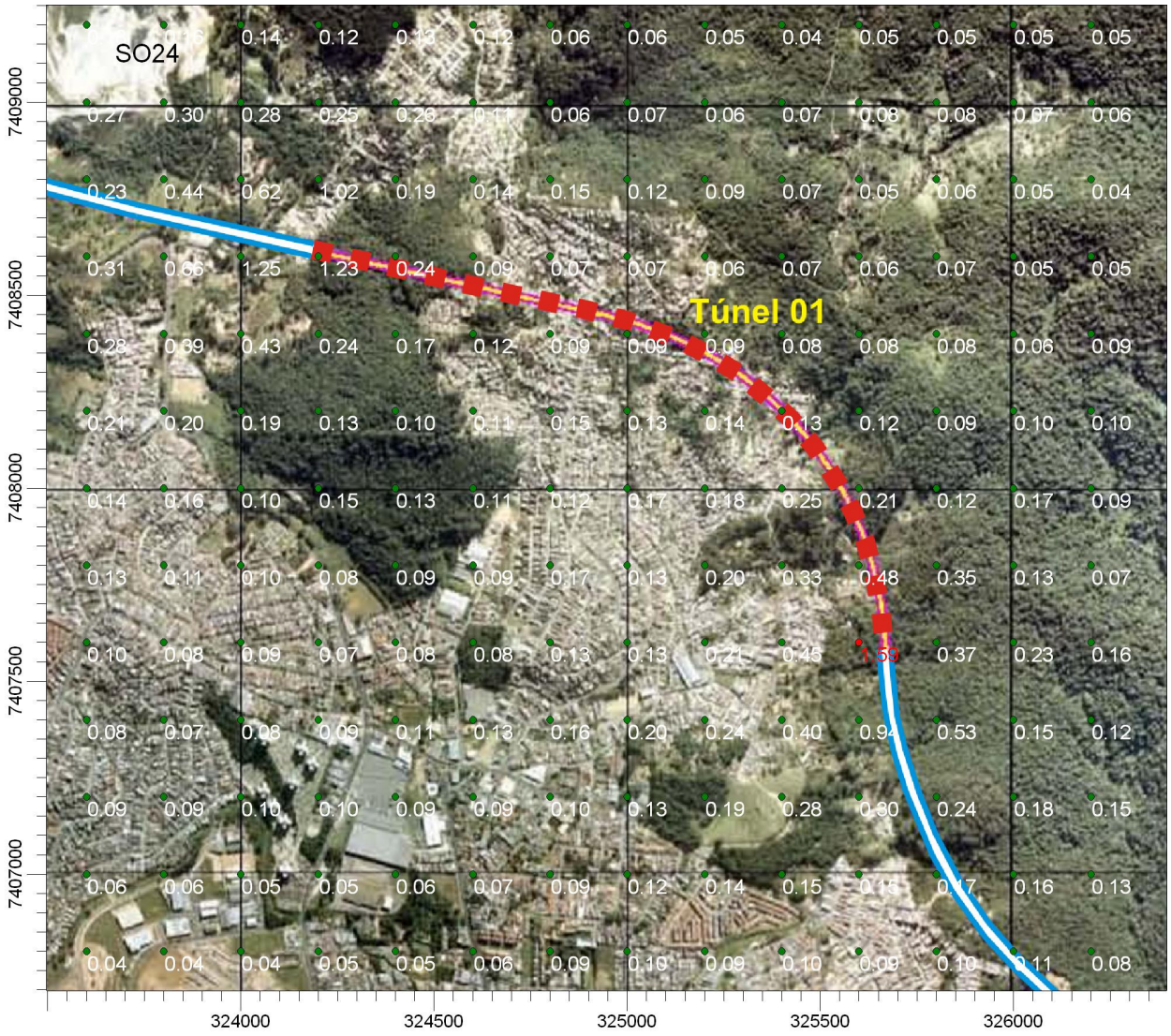
Túnel 01, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de MP (µg/m³), Período – Anual

Poluente: PI
Período: Anual
Padrão Primário: 50 µg/m³



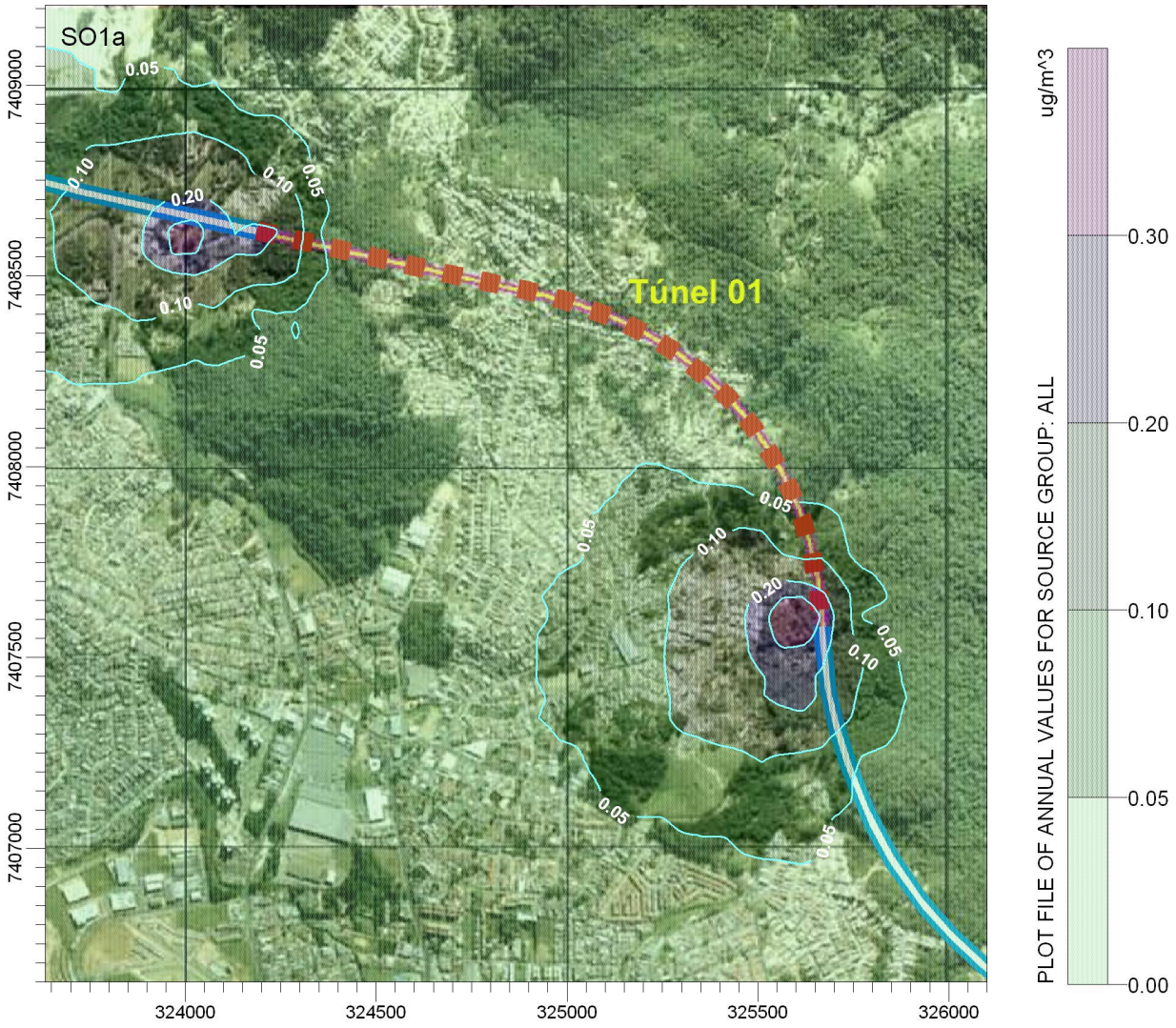
Túnel 01, Cenário 2.024: Concentração de SO_2 (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: SO_2
Período: 24 horas
Padrão Primário: 365 µg/m³
Padrão Secundário: 100 µg/m³



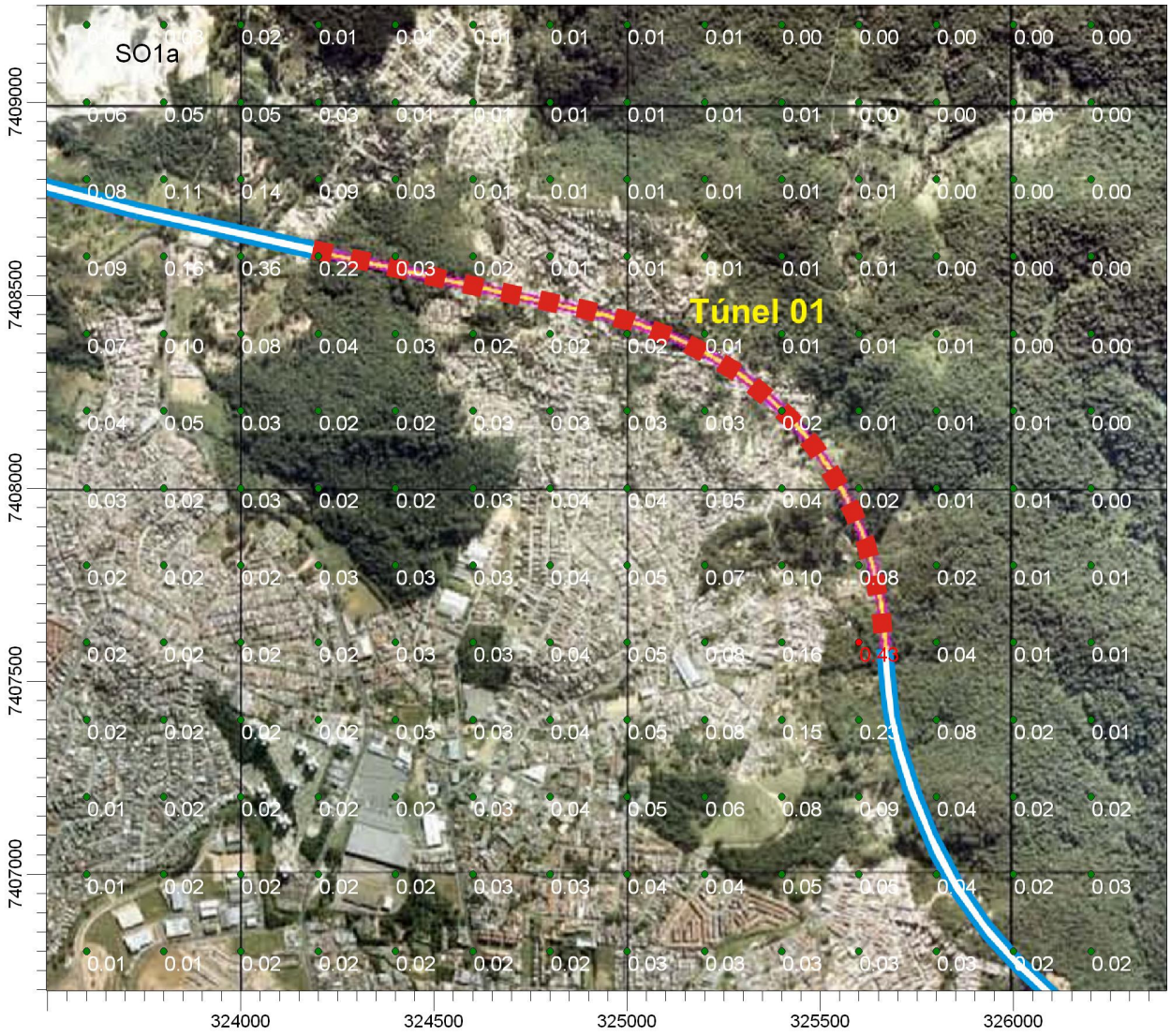
Túnel 01, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de SO_2 (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: SO_2
Período: 24 horas
Padrão Primário: 365 µg/m³
Padrão Secundário: 100 µg/m³



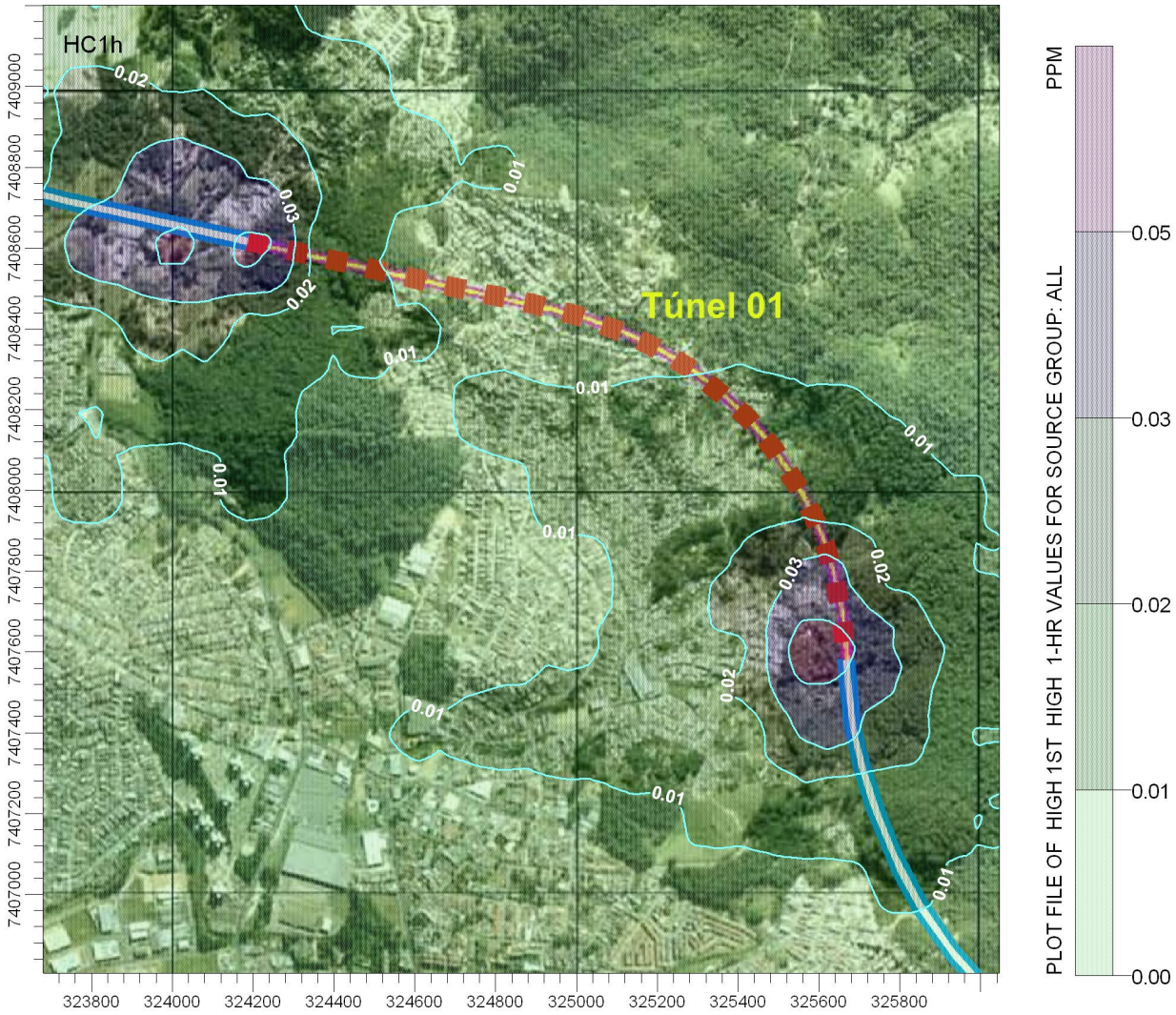
Túnel 01, Cenário 2.024: Concentração de SO_2 (µg/m³), Período – Anual

Poluente: SO_2
Período: Anual
Padrão Primário: 80 µg/m³
Padrão Secundário: 40 µg/m³



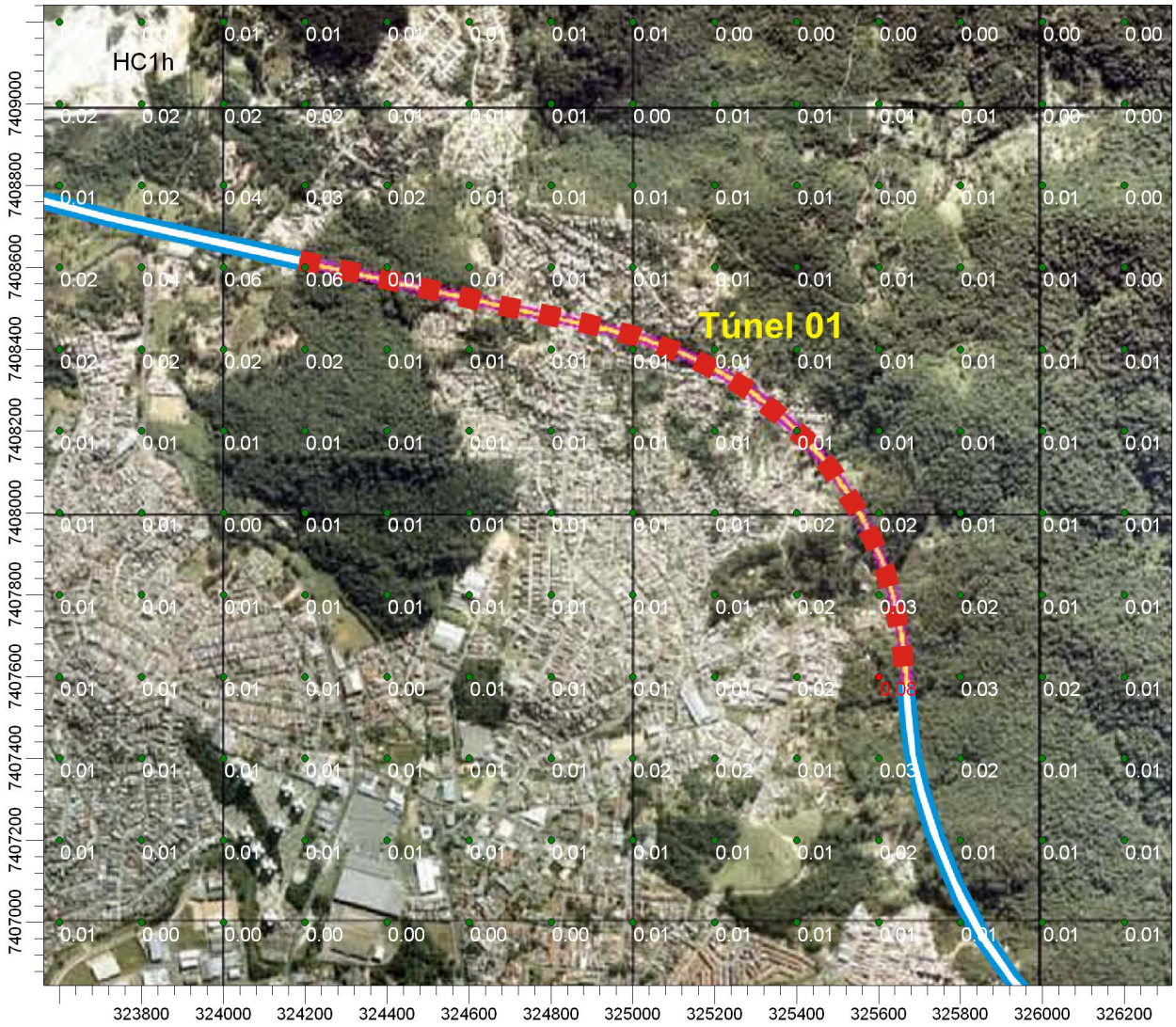
Túnel 01, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de SO_2 (µg/m³), Período – Anual

Poluente: SO_2
Período: Anual
Padrão Primário: 80 µg/m³
Padrão Secundário: 40 µg/m³



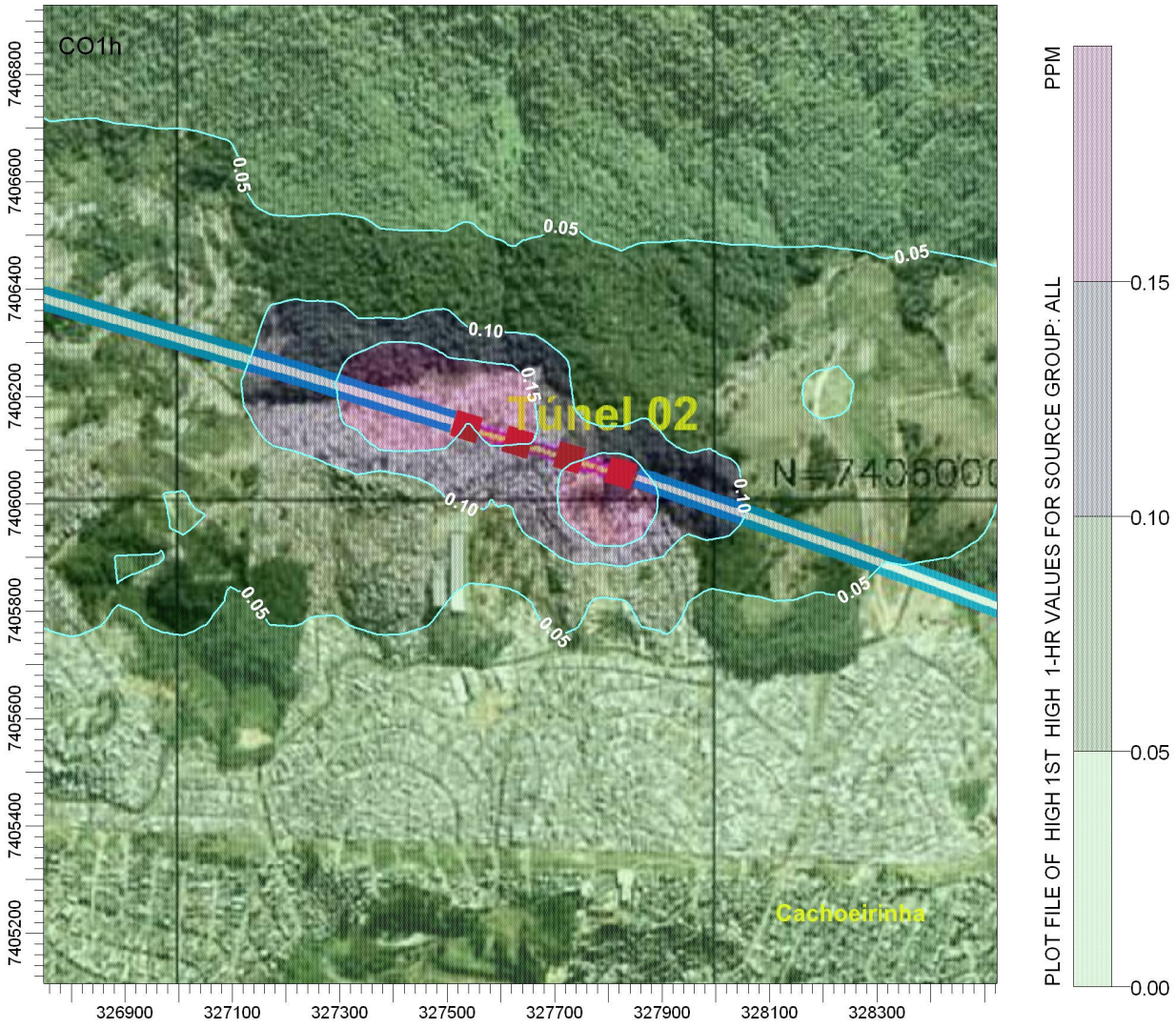
Túnel 01, Cenário 2.024: Concentração de HC (ppm), Período – 1 hora

Poluente: HC (como hexano)
Período: 1 hora
Padrão Primário: -



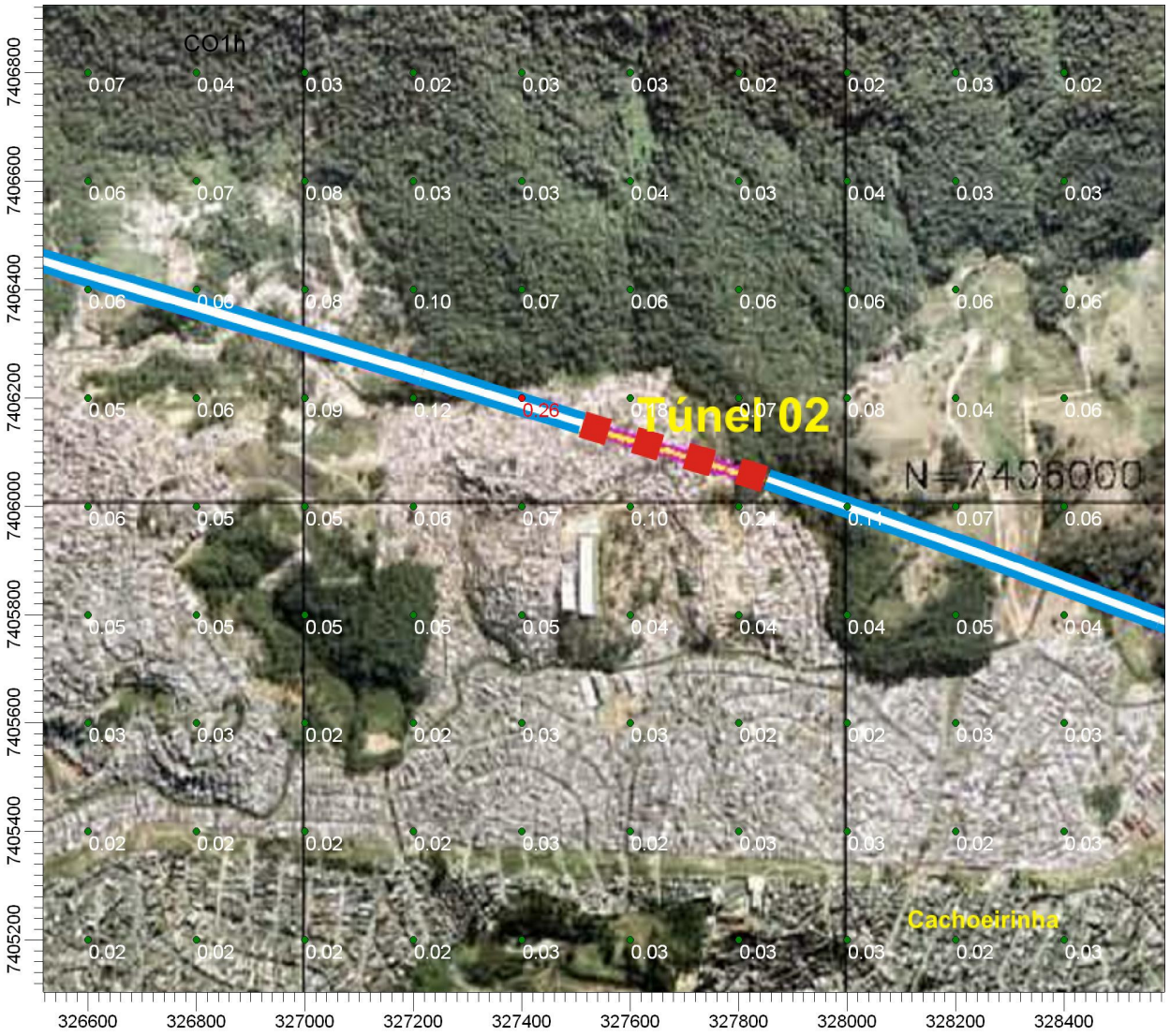
Túnel 01, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de HC (ppm), Período – 1 hora

Poluente: HC (como hexano)
Período: 1 hora
Padrão Primário: -



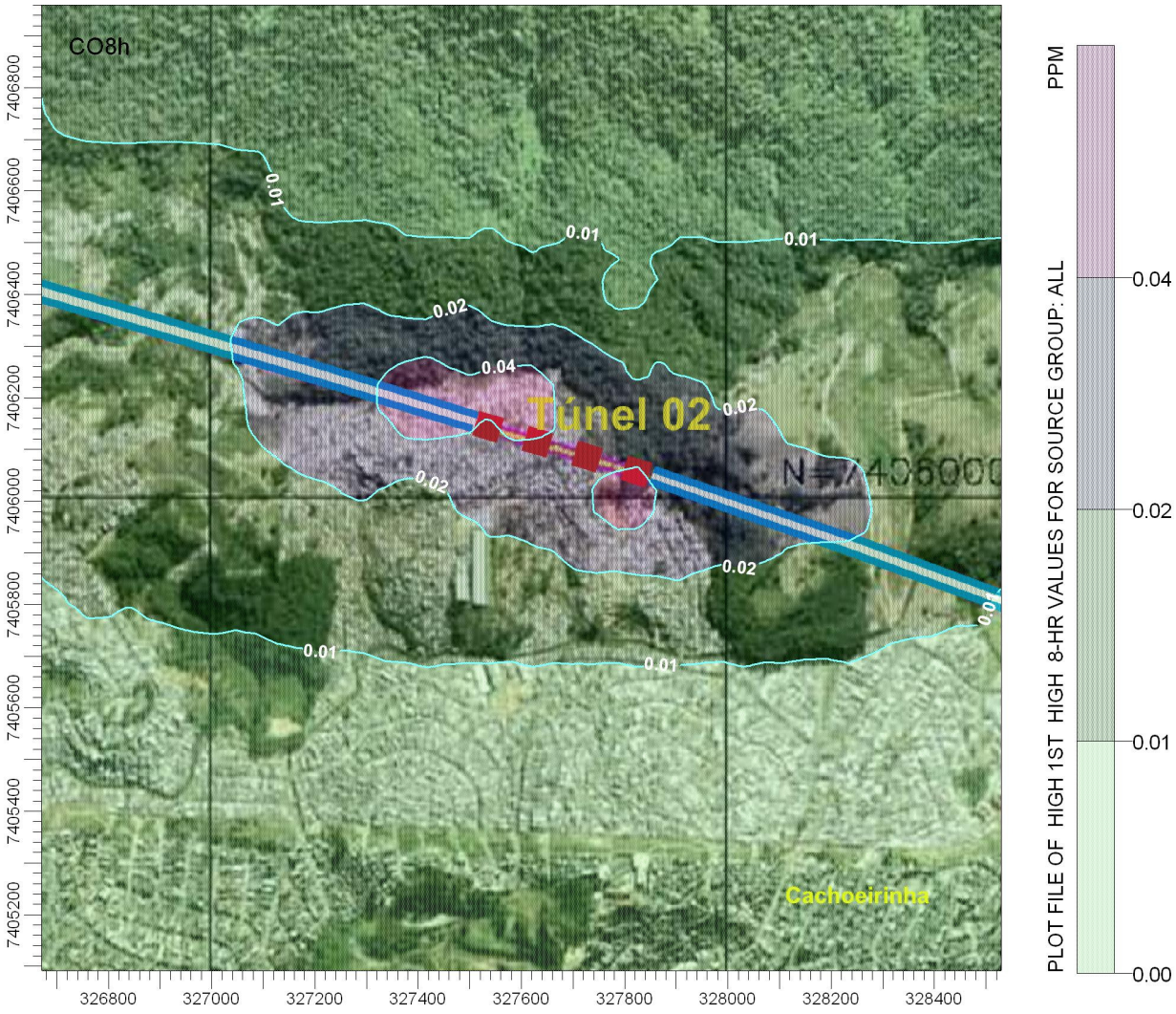
Túnel 02, Cenário 2.024: Concentração de CO (ppm), Período – 1 hora

Poluente: CO
Período: 1 hora
Padrão Primário: 40.000 µg/m³ (34,9 ppm)



Túnel 02, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de CO (ppm), Período – 1 hora

Poluente: CO
Período: 1 hora
Padrão Primário: 40.000 µg/m³ (34,9 ppm)

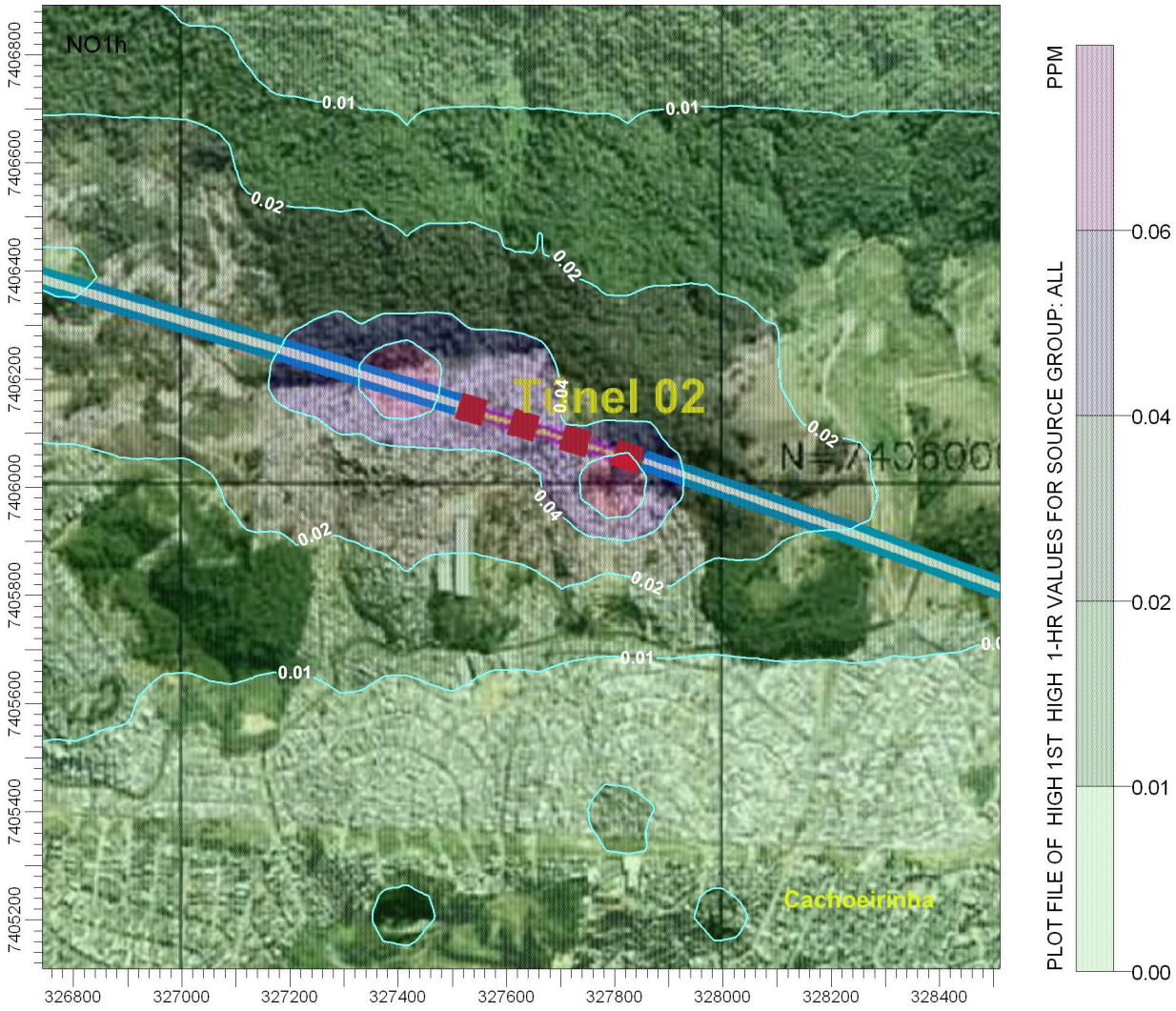


Túnel 02, Cenário 2.024: Concentração de CO (ppm), Período – 8 horas

Poluente: CO
Período: 8 horas
Padrão Primário: 10.000 µg/m³ (8,7 ppm)

Túnel 02, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de CO (ppm), Período – 8 horas

Poluente: CO
Período: 8 horas
Padrão Primário: 10.000 µg/m³ (8,7 ppm)

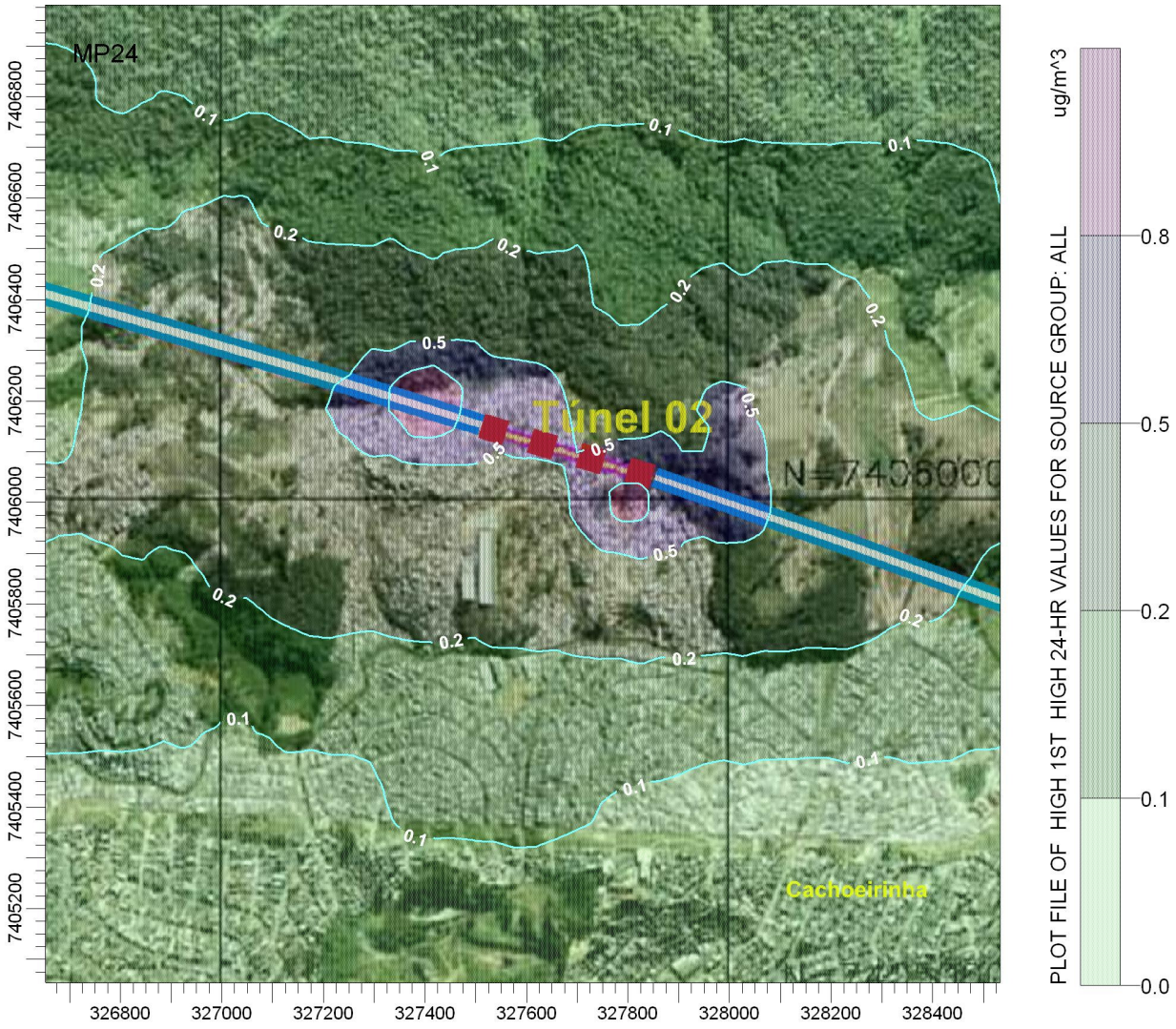


Túnel 02, Cenário 2.024: Concentração de NO_2 (ppm), Período – 1 hora

Poluente: NO_2
Período: 1 hora
Padrão Primário: 320 µg/m³ (0,17 ppm)

Túnel 02, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de NO_2 (ppm), Período – 1 hora

Poluente: NO_2
Período: 1 hora
Padrão Primário: 320 µg/m³ (0,17 ppm)

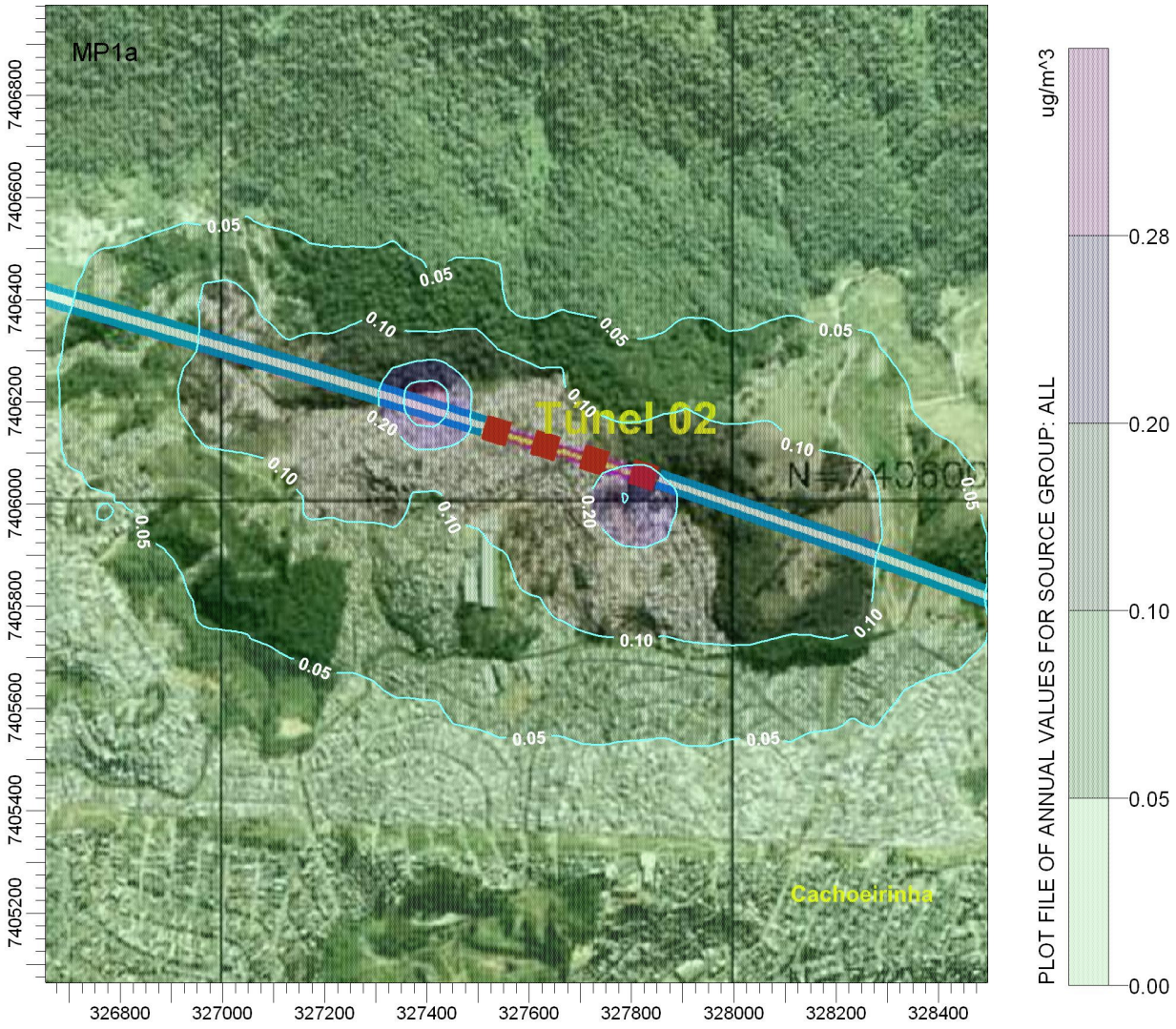


Túnel 02, Cenário 2.024: Concentração de MP (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: PI
Período: 24 horas
Padrão Primário: 150 µg/m³

Túnel 02, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de MP (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: PI
Período: 24 horas
Padrão Primário: 150 µg/m³

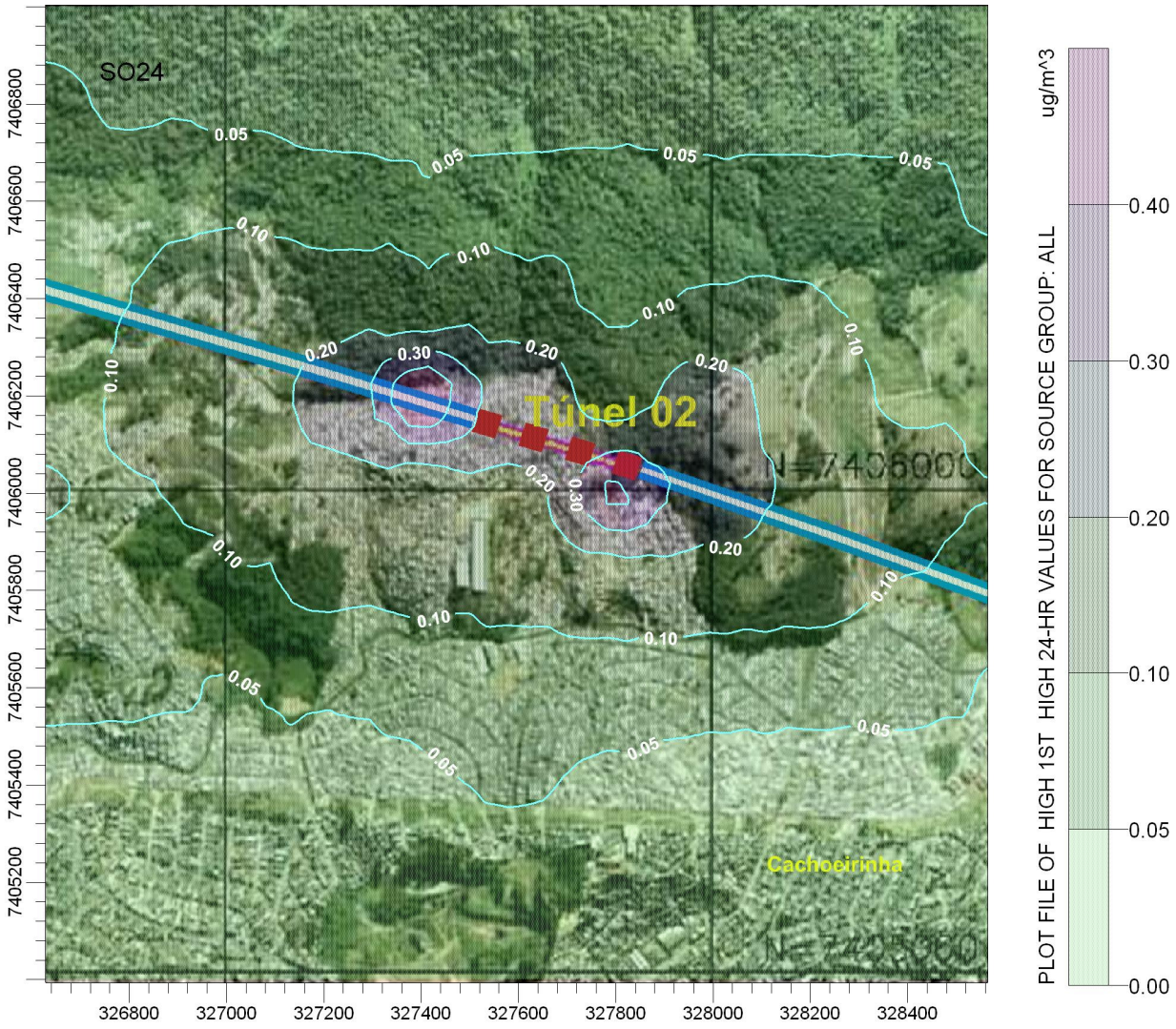


Túnel 02, Cenário 2.024: Concentração de MP (µg/m³), Período – Anual

Poluente: PI
Período: Anual
Padrão Primário: 50 µg/m³

Túnel 02, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de MP (µg/m³), Período – Anual

Poluente: PI
Período: Anual
Padrão Primário: 50 µg/m³

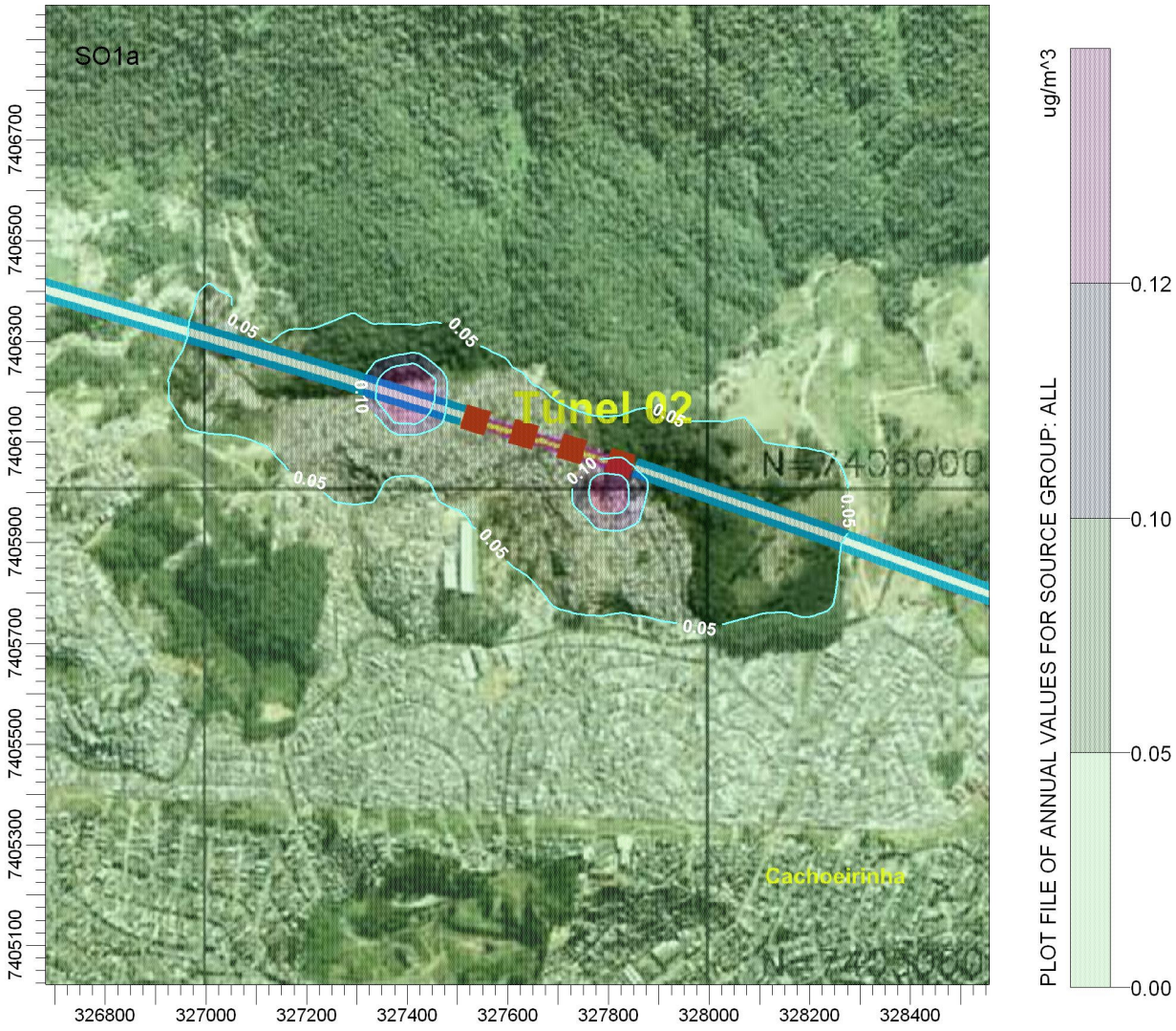


Túnel 02, Cenário 2.024: Concentração de SO_2 (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: SO_2
Período: 24 horas
Padrão Primário: 365 µg/m³
Padrão Secundário: 100 µg/m³

Túnel 02, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de SO_2 (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: SO_2
Período: 24 horas
Padrão Primário: 365 µg/m³
Padrão Secundário: 100 µg/m³

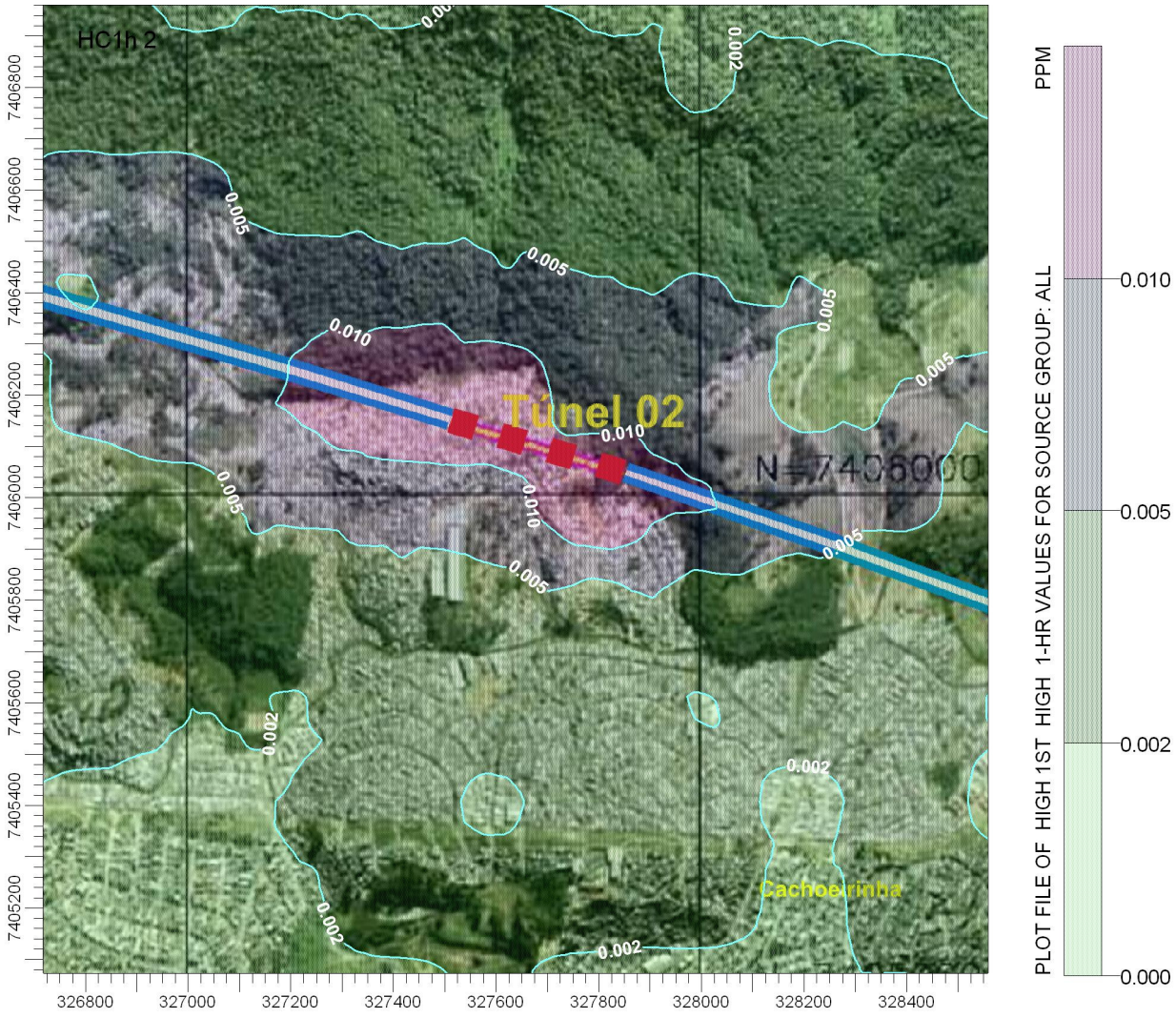


Túnel 02, Cenário 2.024: Concentração de SO_2 (µg/m³), Período – Anual

Poluente: SO_2
Período: Anual
Padrão Primário: 80 µg/m³
Padrão Secundário: 40 µg/m³

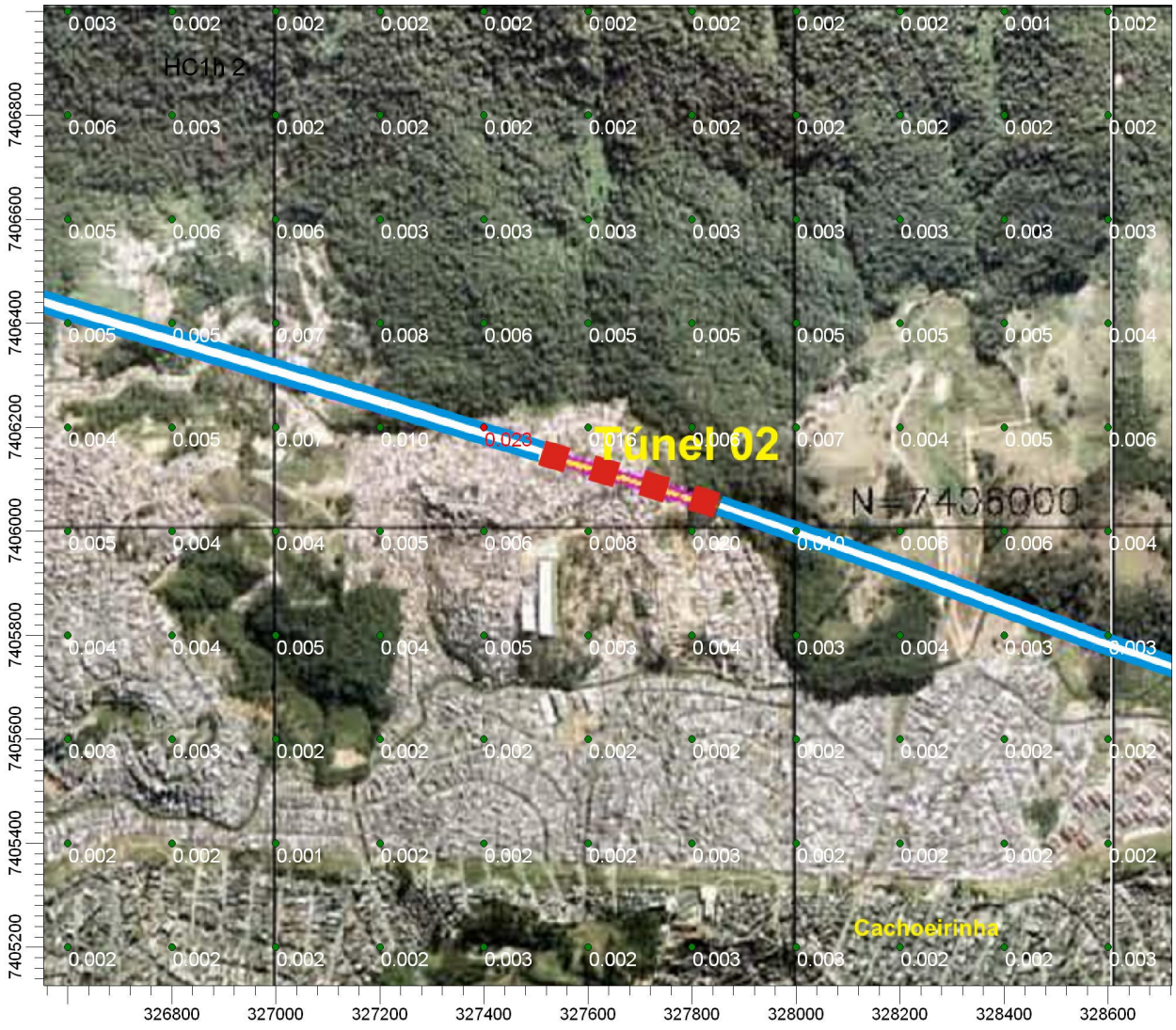
Túnel 02, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de SO_2 (µg/m³), Período – Anual

Poluente: SO_2
Período: Anual
Padrão Primário: 80 µg/m³
Padrão Secundário: 40 µg/m³



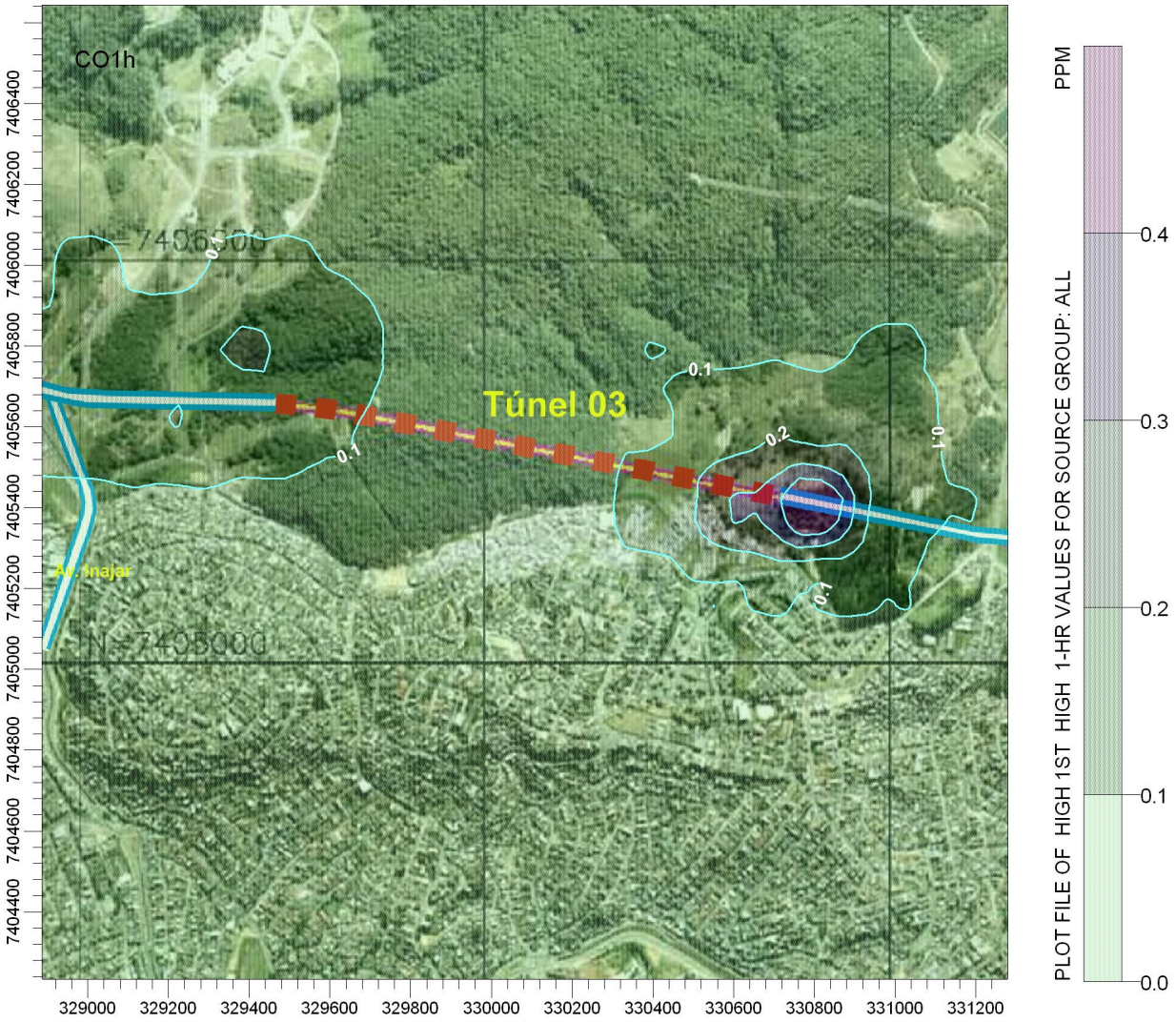
Túnel 02, Cenário 2.024: Concentração de HC (ppm), Período – 1 hora

Poluente: HC (como Hexano)
Período: 1 hora
Padrão Primário: -



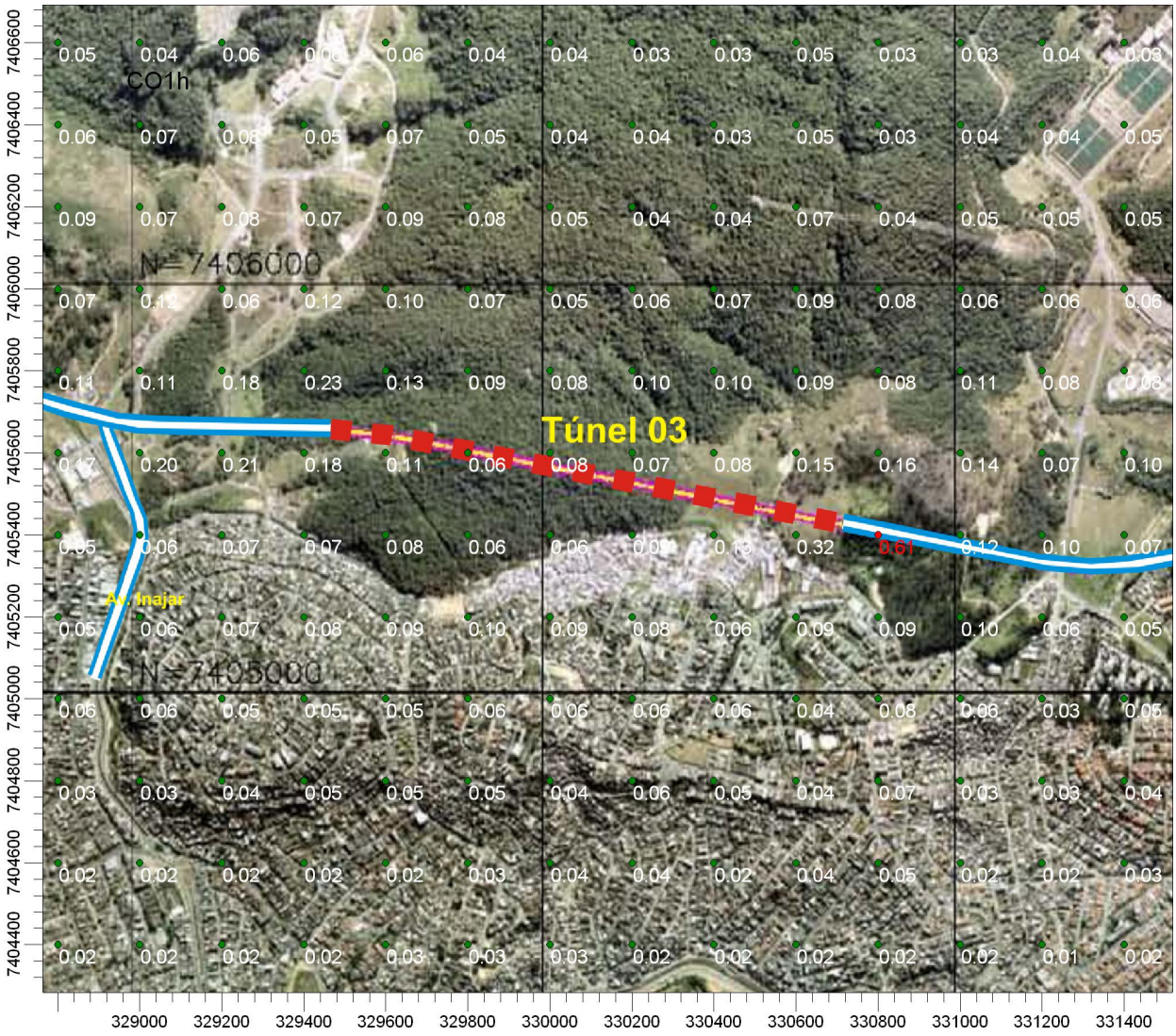
Túnel 02, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de HC (ppm), Período – 1 hora

Poluente: HC (como Hexano)
Período: 1 hora
Padrão Primário: -



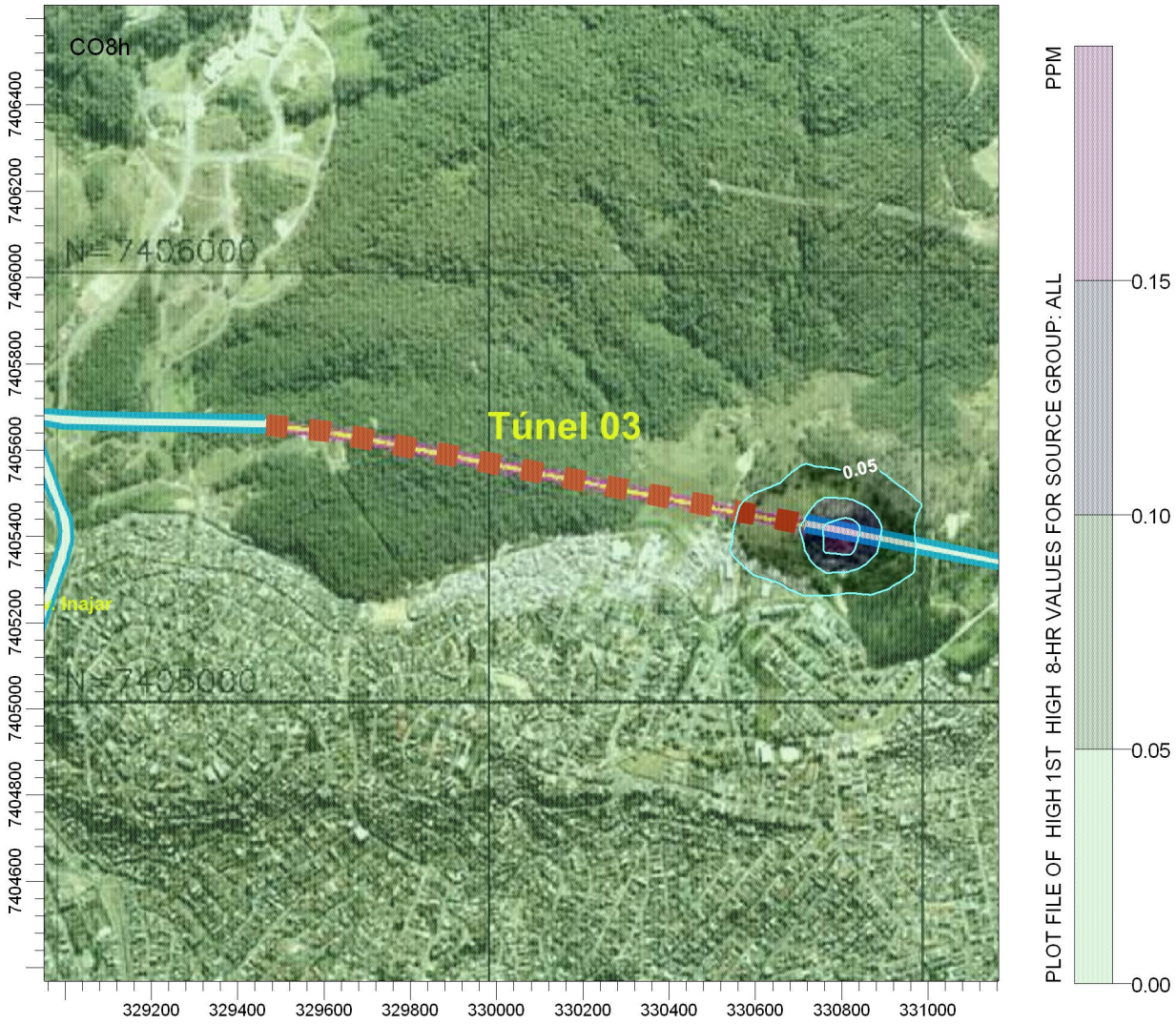
Túnel 03, Cenário 2.024: Concentração de CO (ppm), Período – 1 hora

Poluente: CO
Período: 1 hora
Padrão Primário: 40.000 µg/m³ (34,9 ppm)



Túnel 03, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de CO (ppm), Período – 1 hora

Poluente: CO
Período: 1 hora
Padrão Primário: 40.000 µg/m³ (34,9 ppm)

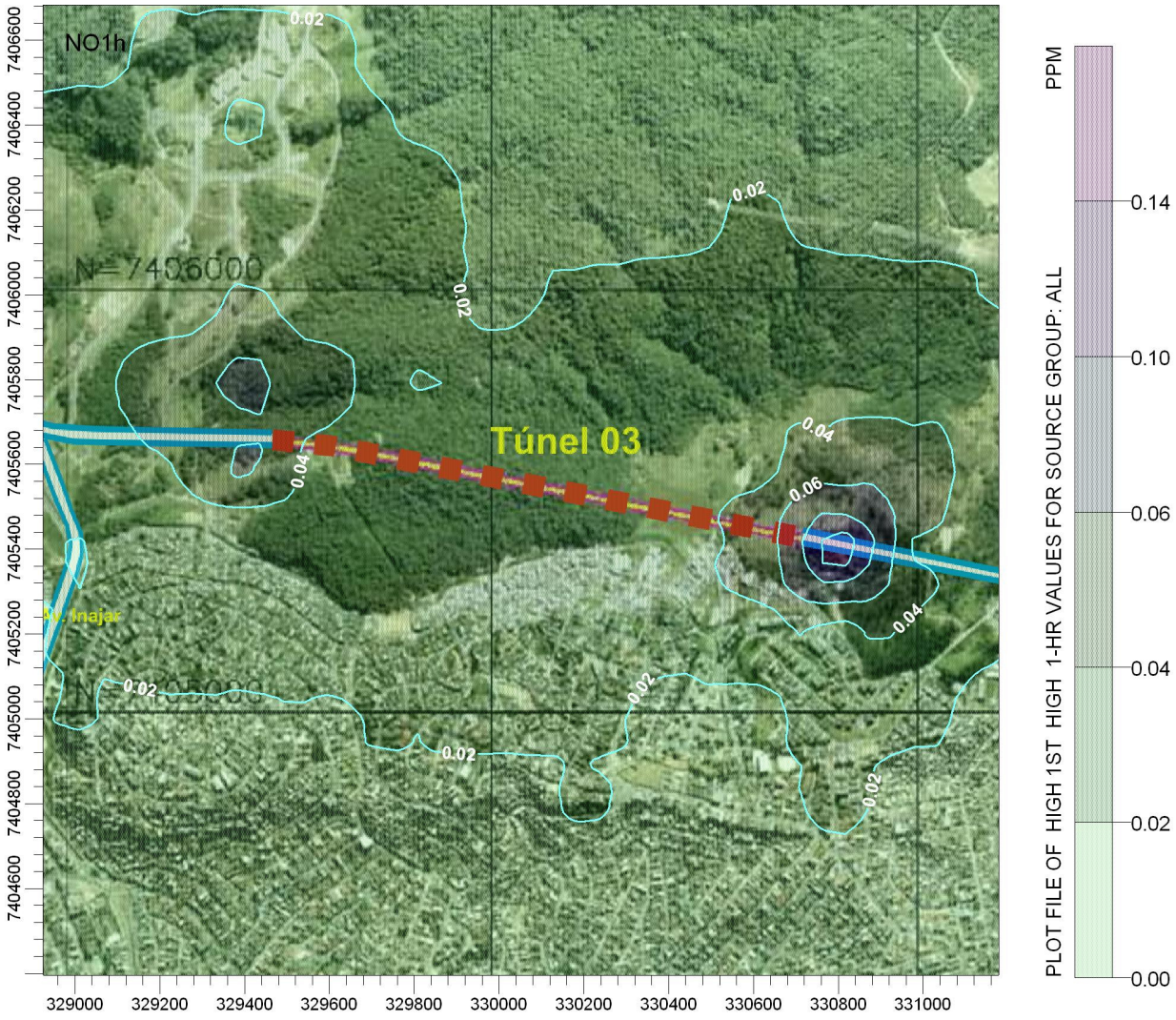


Túnel 03, Cenário 2.024: Concentração de CO (ppm), Período – 8 horas

Poluente: CO
Período: 8 horas
Padrão Primário: 10.000 µg/m³ (8,7 ppm)

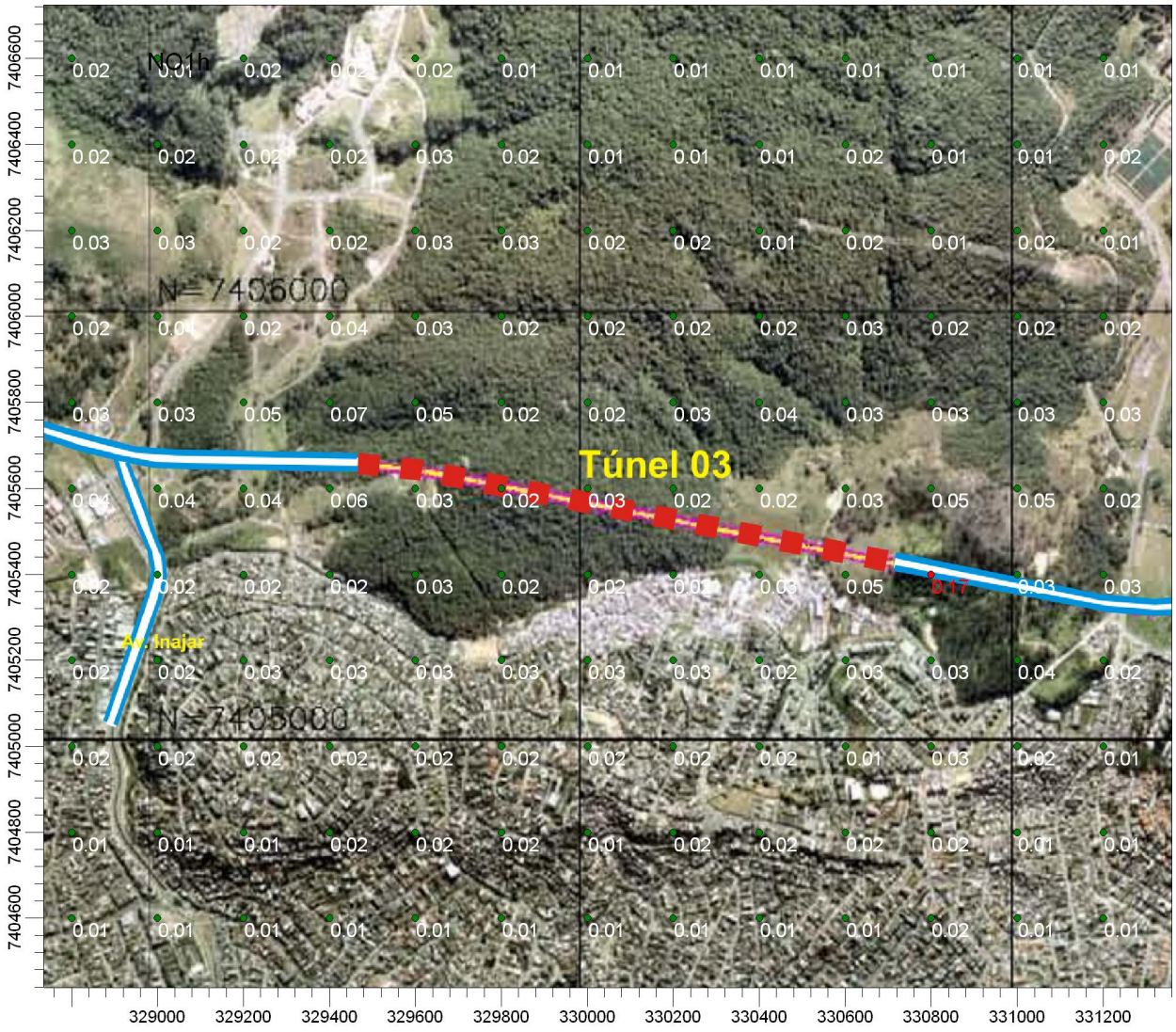
Túnel 03, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de CO (ppm), Período – 8 horas

Poluente: CO
Período: 8 horas
Padrão Primário: 10.000 µg/m³ (8,7 ppm)



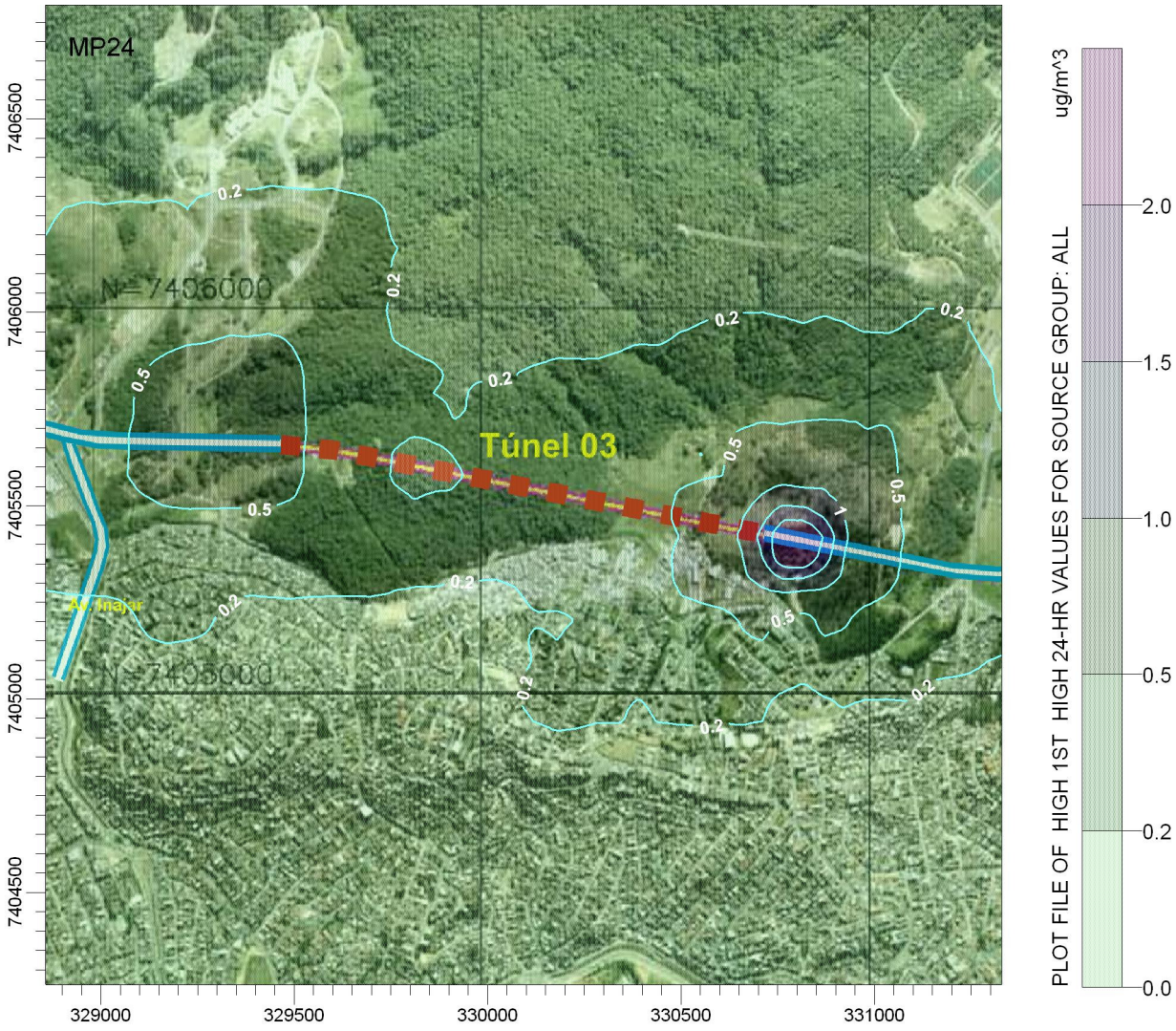
Túnel 03, Cenário 2.024: Concentração de NO_2 (ppm), Período – 1 hora

Poluente: NO_2
Período: 1 hora
Padrão Primário: 320 µg/m³ (0,17 ppm)



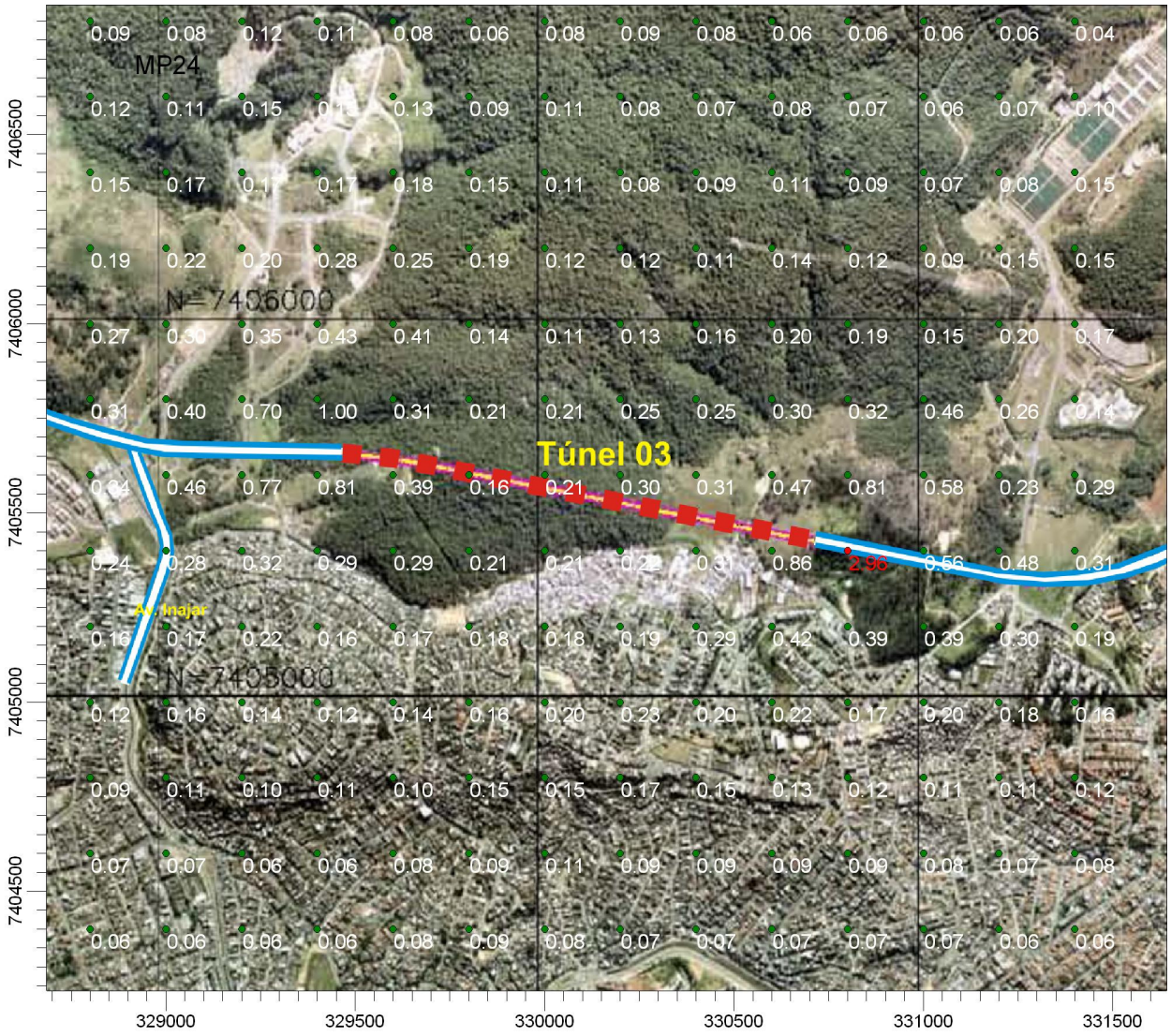
Túnel 03, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de NO_2 (ppm), Período – 1 hora

Poluente: NO_2
Período: 1 hora
Padrão Primário: 320 µg/m³ (0,17 ppm)



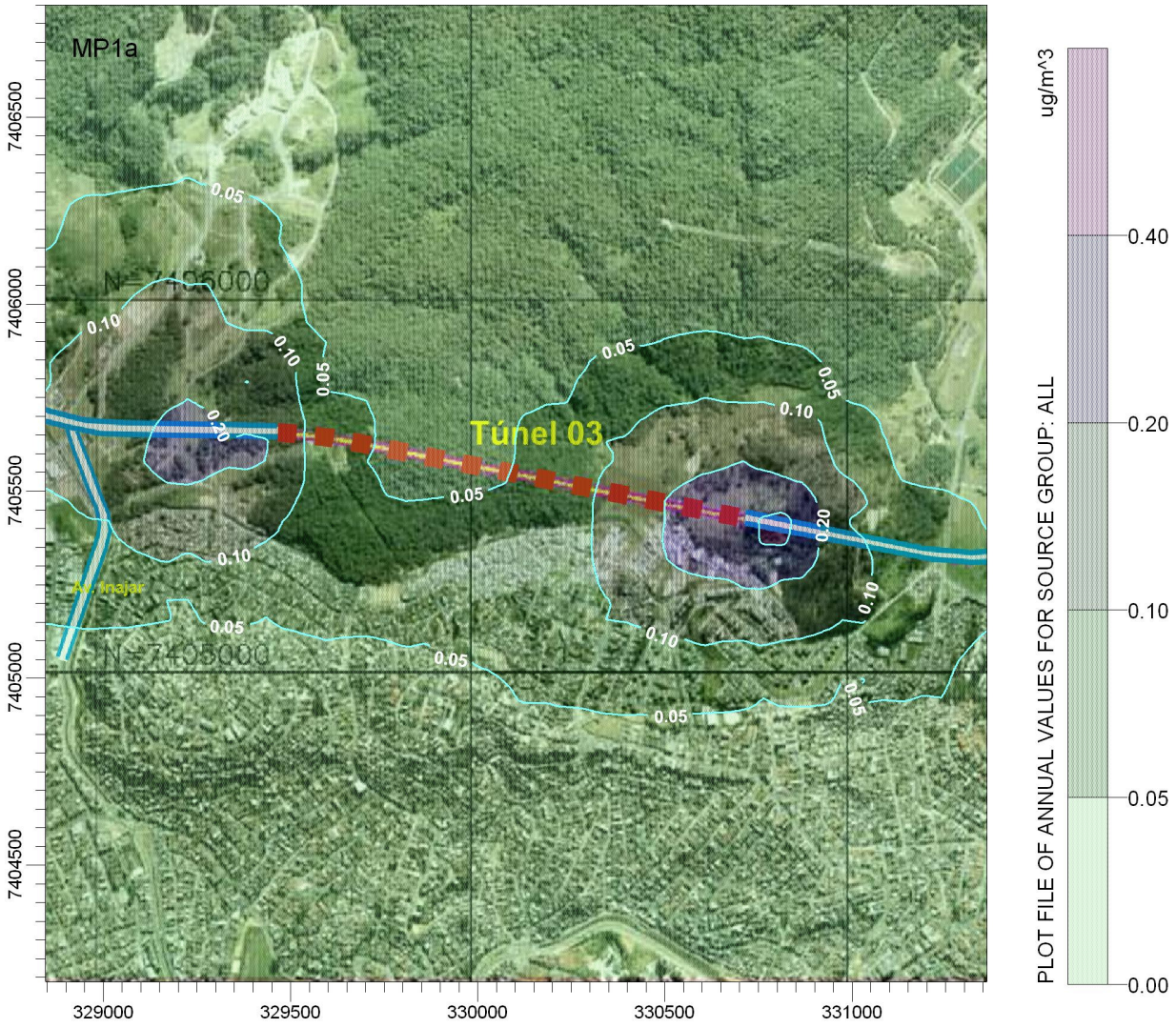
Túnel 03, Cenário 2.024: Concentração de MP (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: PI
Período: 24 horas
Padrão Primário: 150 µg/m³



Túnel 03, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de MP (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: PI
Período: 24 horas
Padrão Primário: 150 µg/m³

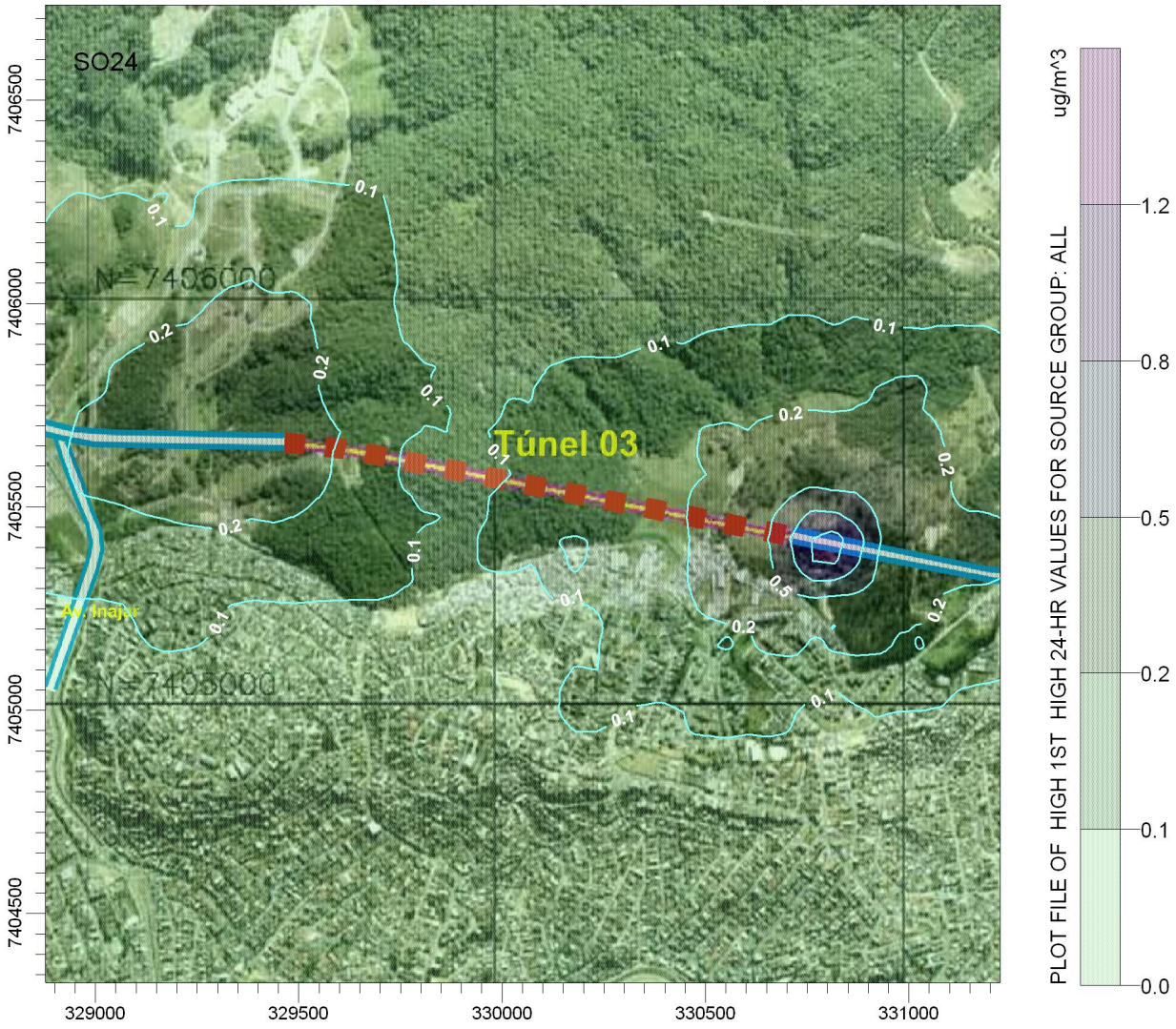


Túnel 03, Cenário 2.024: Concentração de MP (µg/m³), Período – Anual

Poluente: PI
Período: Anual
Padrão Primário: 50 µg/m³

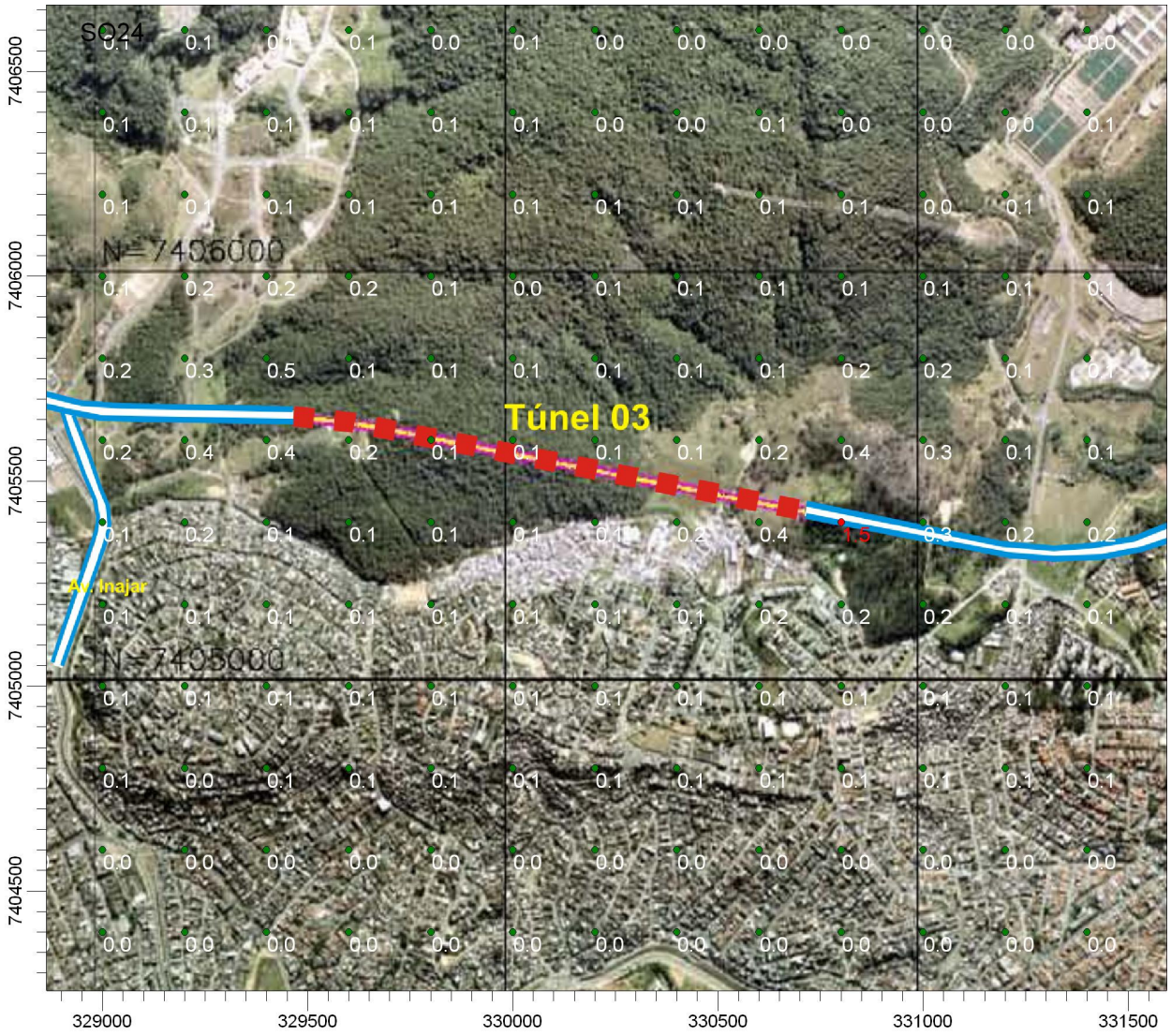
Túnel 03, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de MP (µg/m³), Período – Anual

Poluente: PI
Período: Anual
Padrão Primário: 50 µg/m³



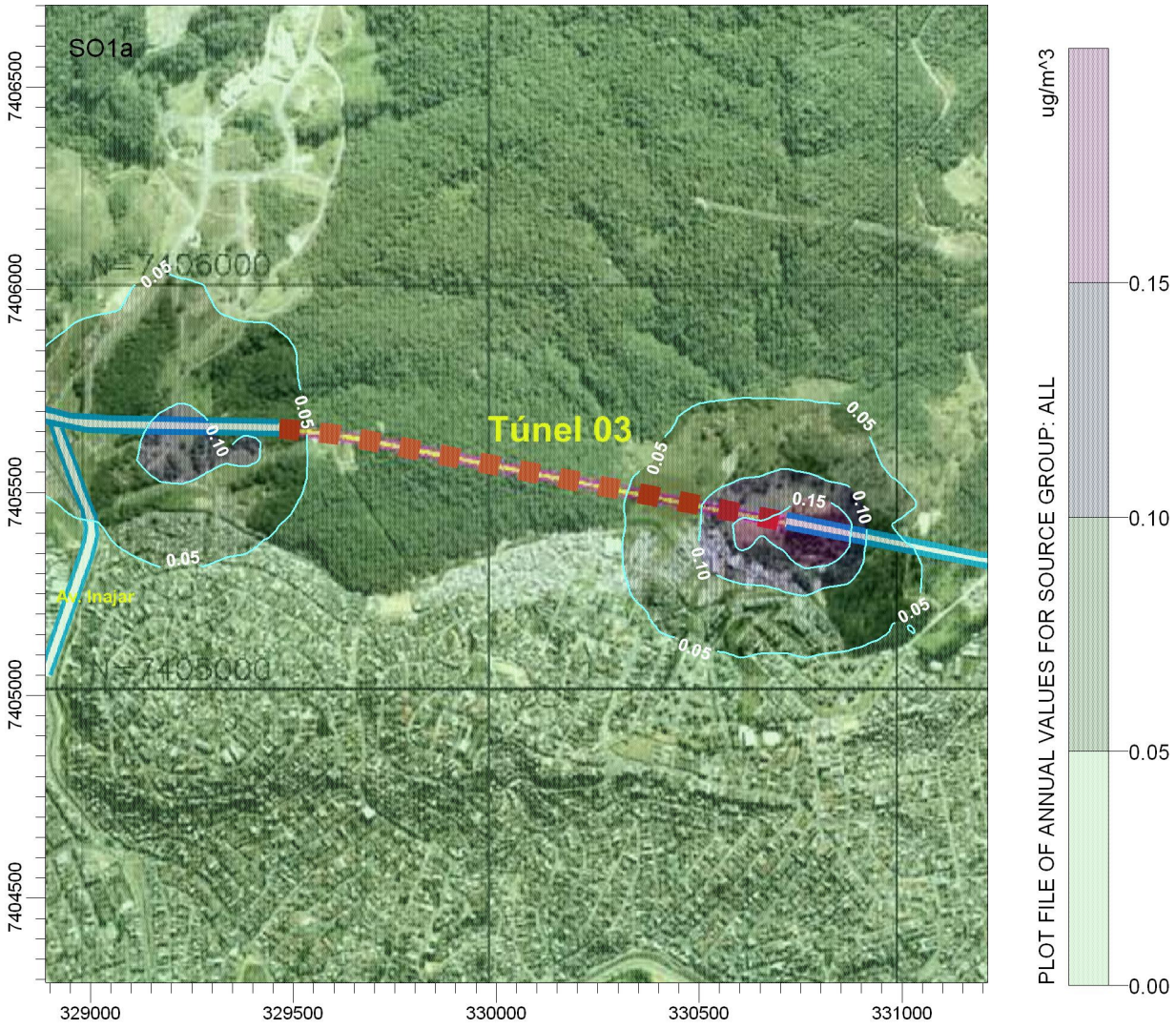
Túnel 03, Cenário 2.024: Concentração de SO_2 (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: SO_2
Período: 24 horas
Padrão Primário: 365 µg/m³
Padrão Secundário: 100 µg/m³



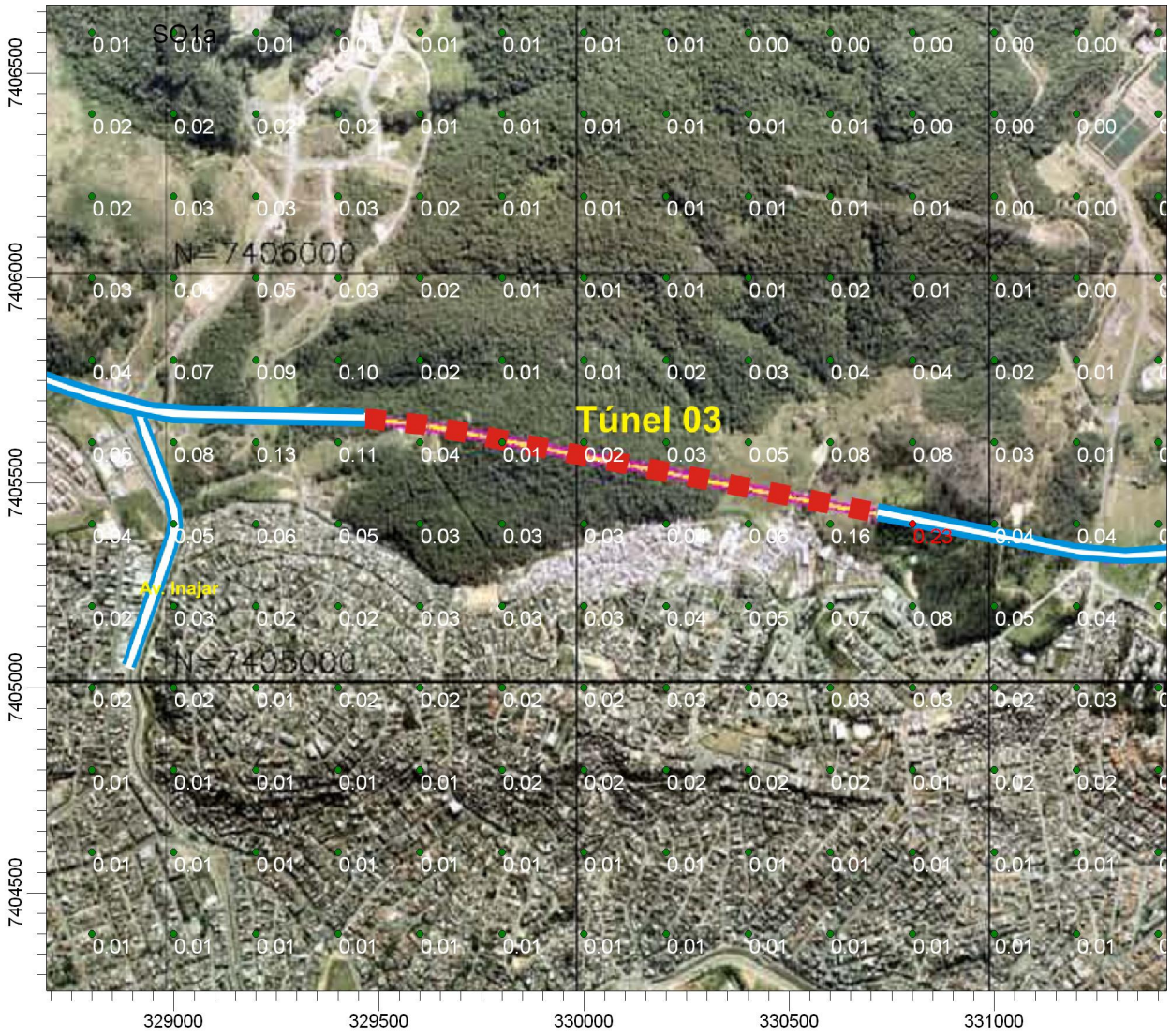
Túnel 03, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de SO_2 (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: SO_2
Período: 24 horas
Padrão Primário: 365 µg/m³
Padrão Secundário: 100 µg/m³



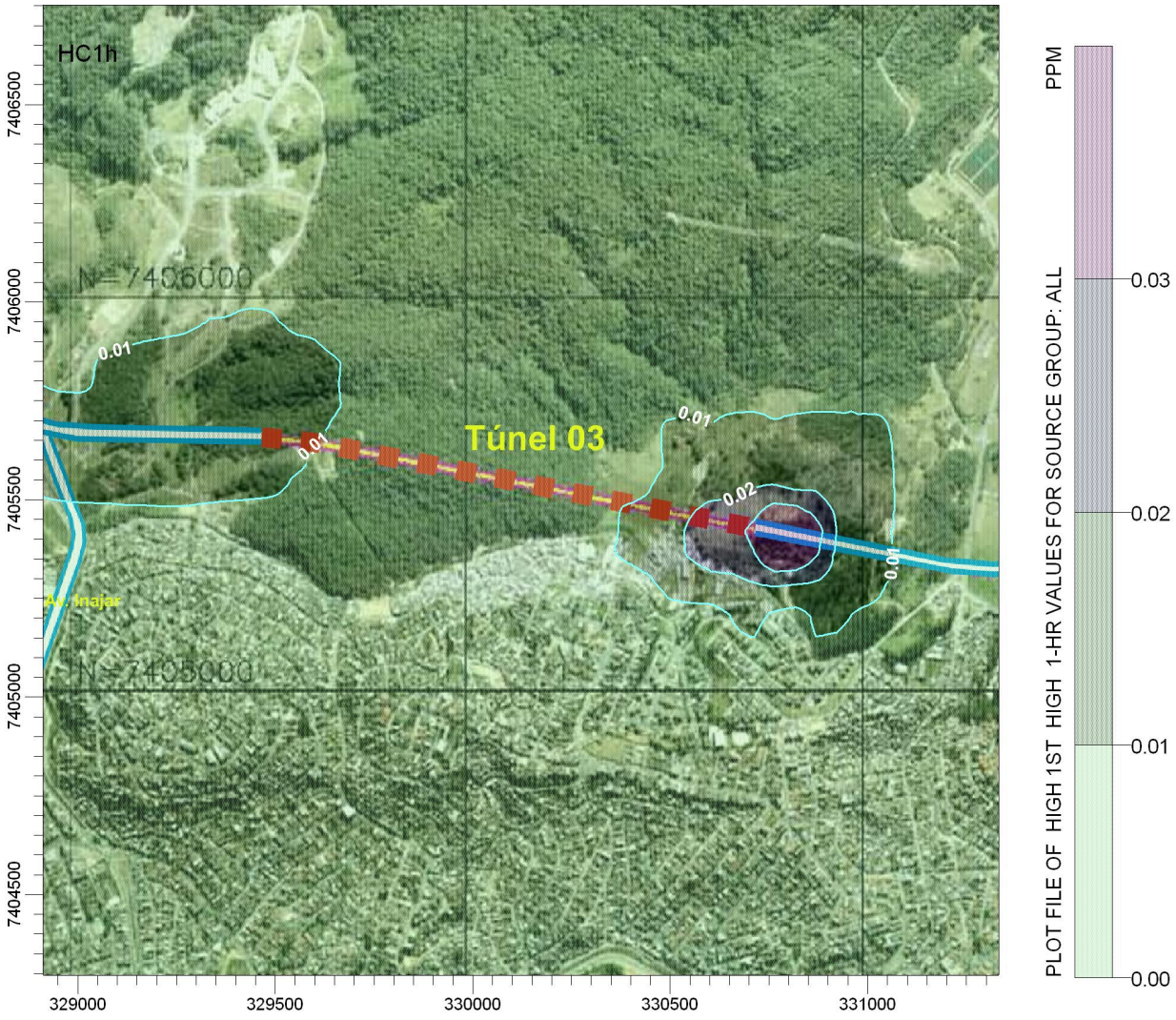
Túnel 03, Cenário 2.024: Concentração de SO_2 (µg/m³), Período – Anual

Poluente: SO_2
Período: Anual
Padrão Primário: 80 µg/m³
Padrão Secundário: 40 µg/m³



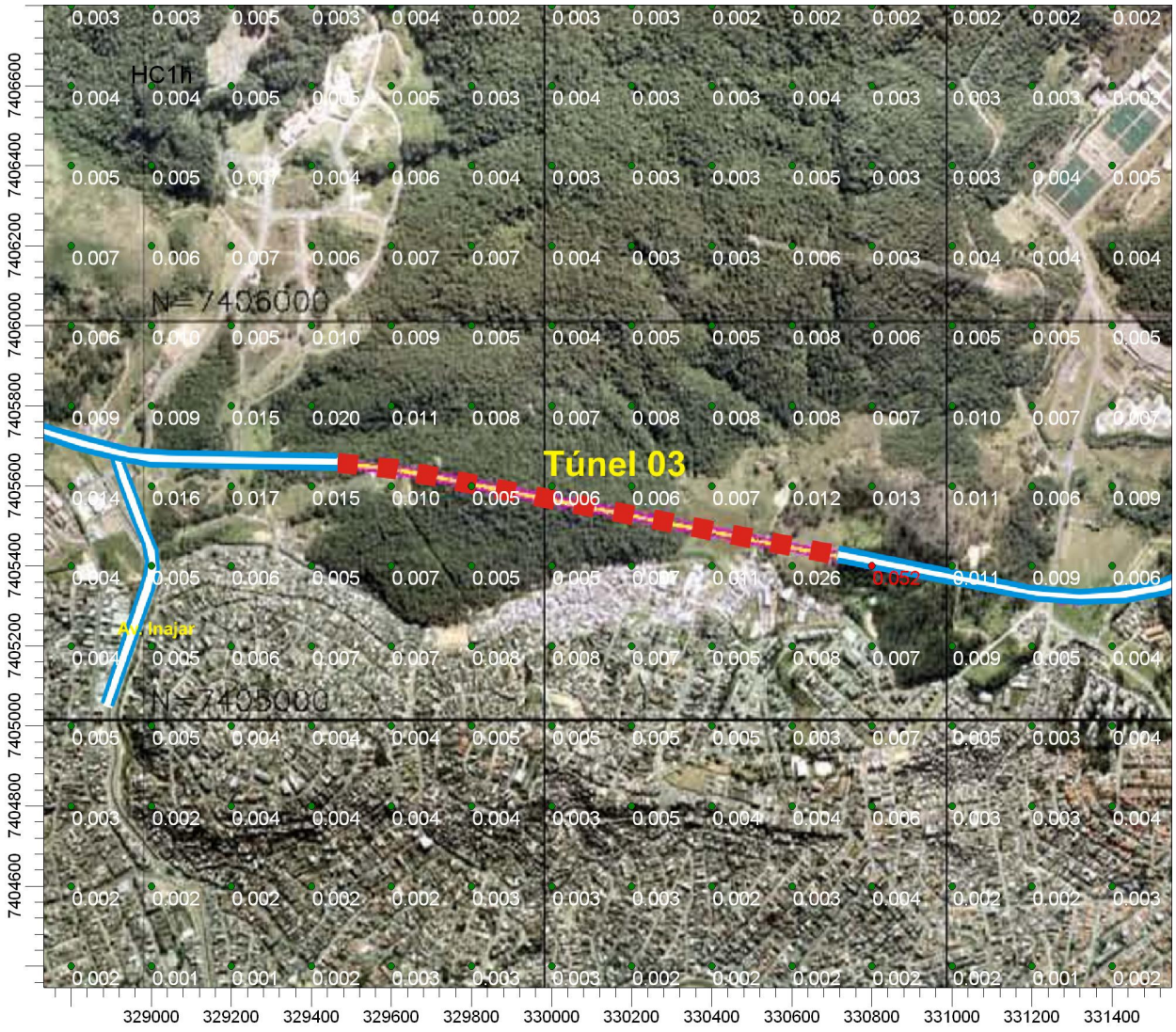
Túnel 03, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de SO_2 (µg/m³), Período – Anual

Poluente: SO_2
Período: Anual
Padrão Primário: 80 µg/m³
Padrão Secundário: 40 µg/m³



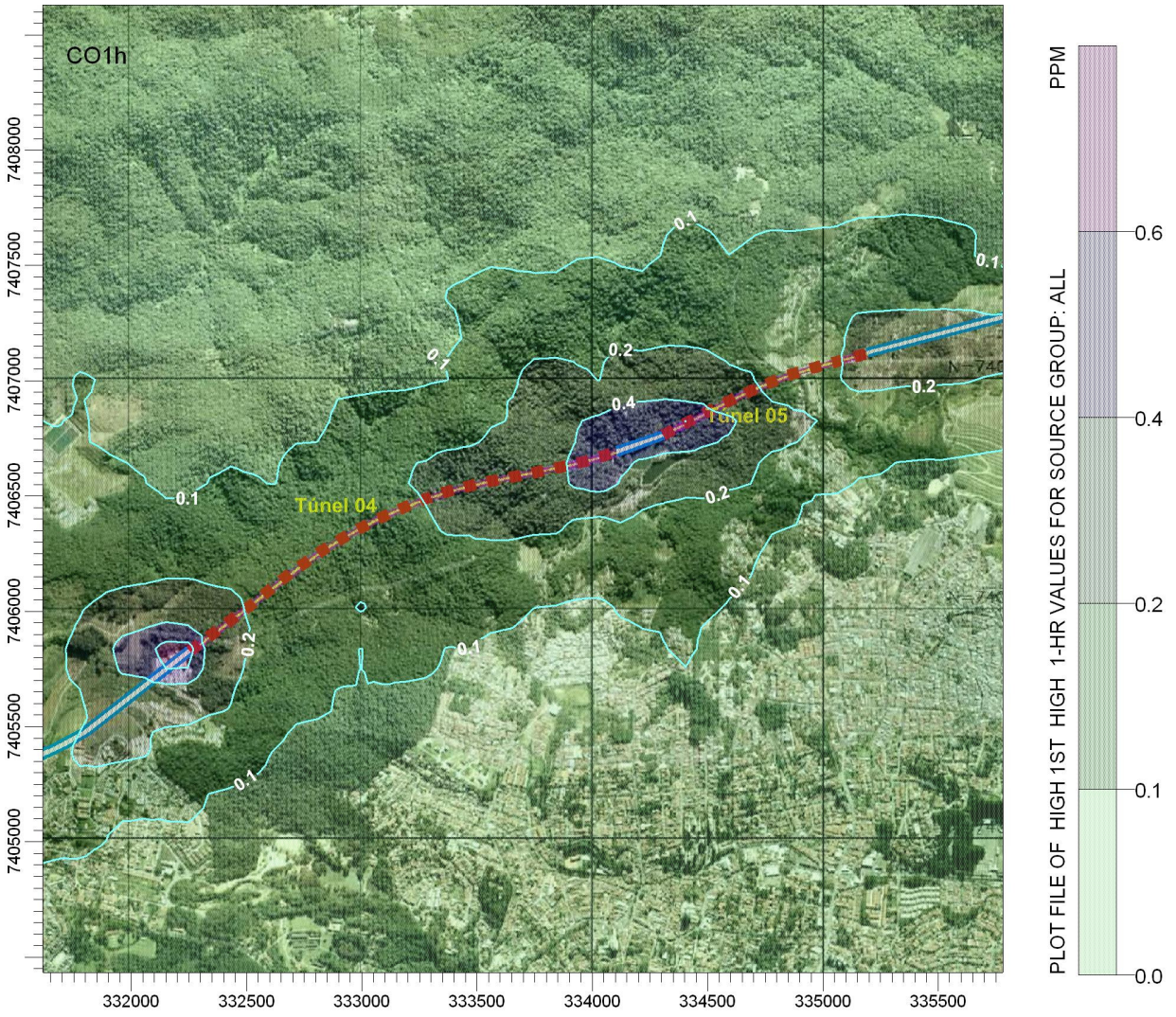
Túnel 03, Cenário 2.024: Concentração De HC (ppm), Período – 1 hora

Poluente: HC (como Hexano)
Período: 1 hora
Padrão Primário: -



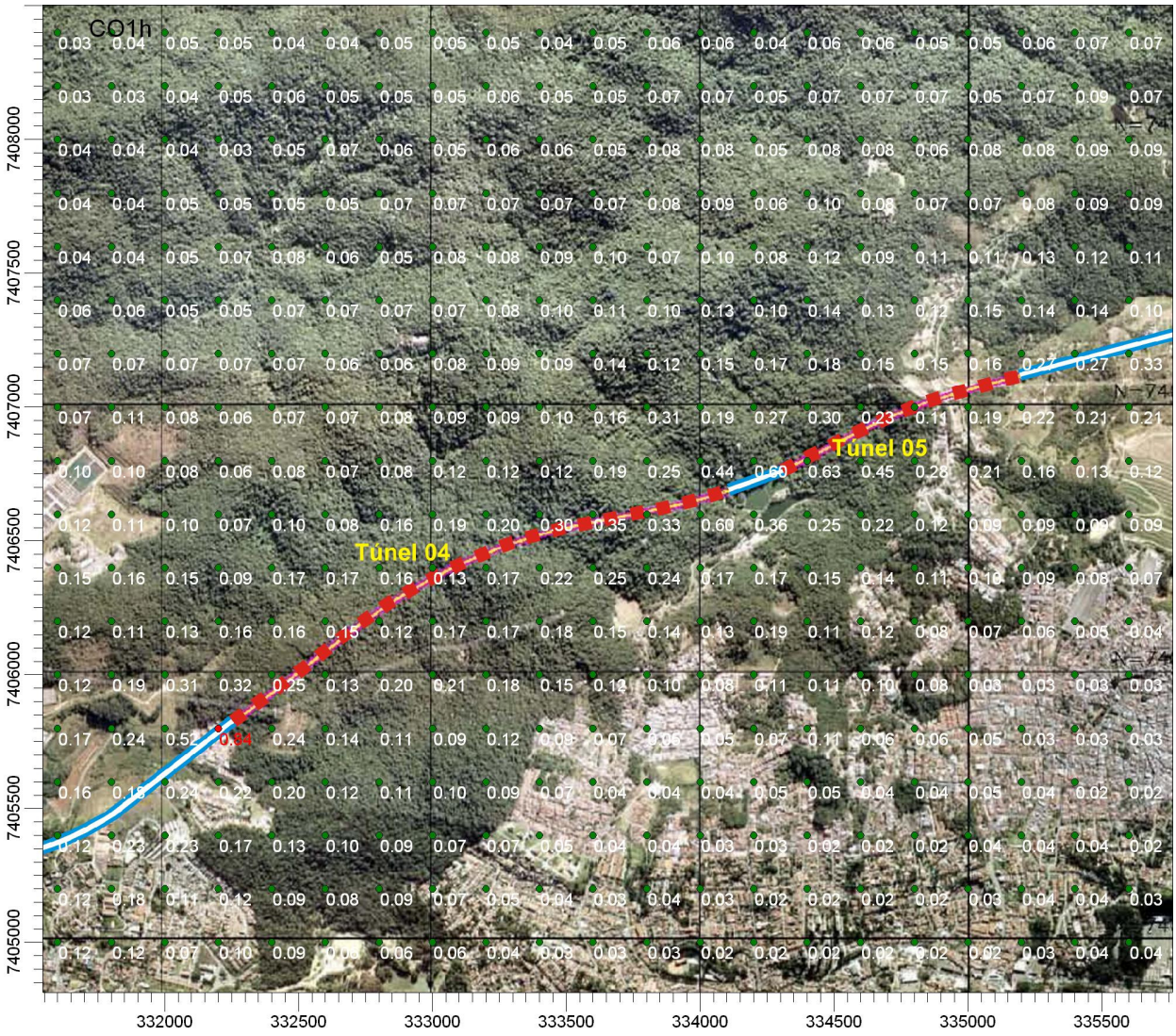
Túnel 03, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de HC (ppm), Período – 1 hora

Poluente: HC (como Hexano)
Período: 1 hora
Padrão Primário: -



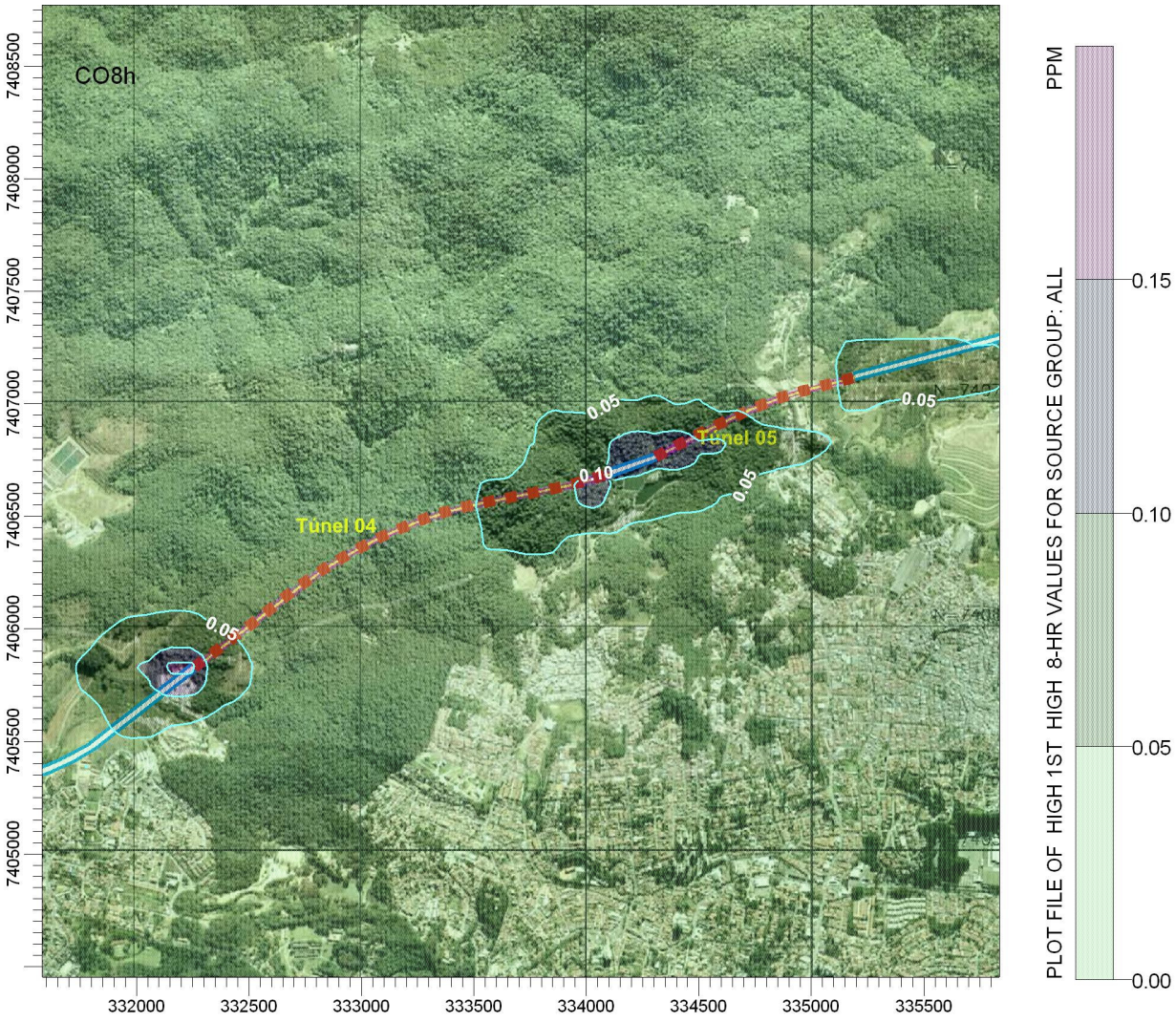
Túnel 04 e 05, Cenário 2.024: Concentração de CO (ppm), Período – 1 hora

Poluente: CO
Período: 1 hora
Padrão Primário: 40.000 µg/m³ (34,9 ppm)



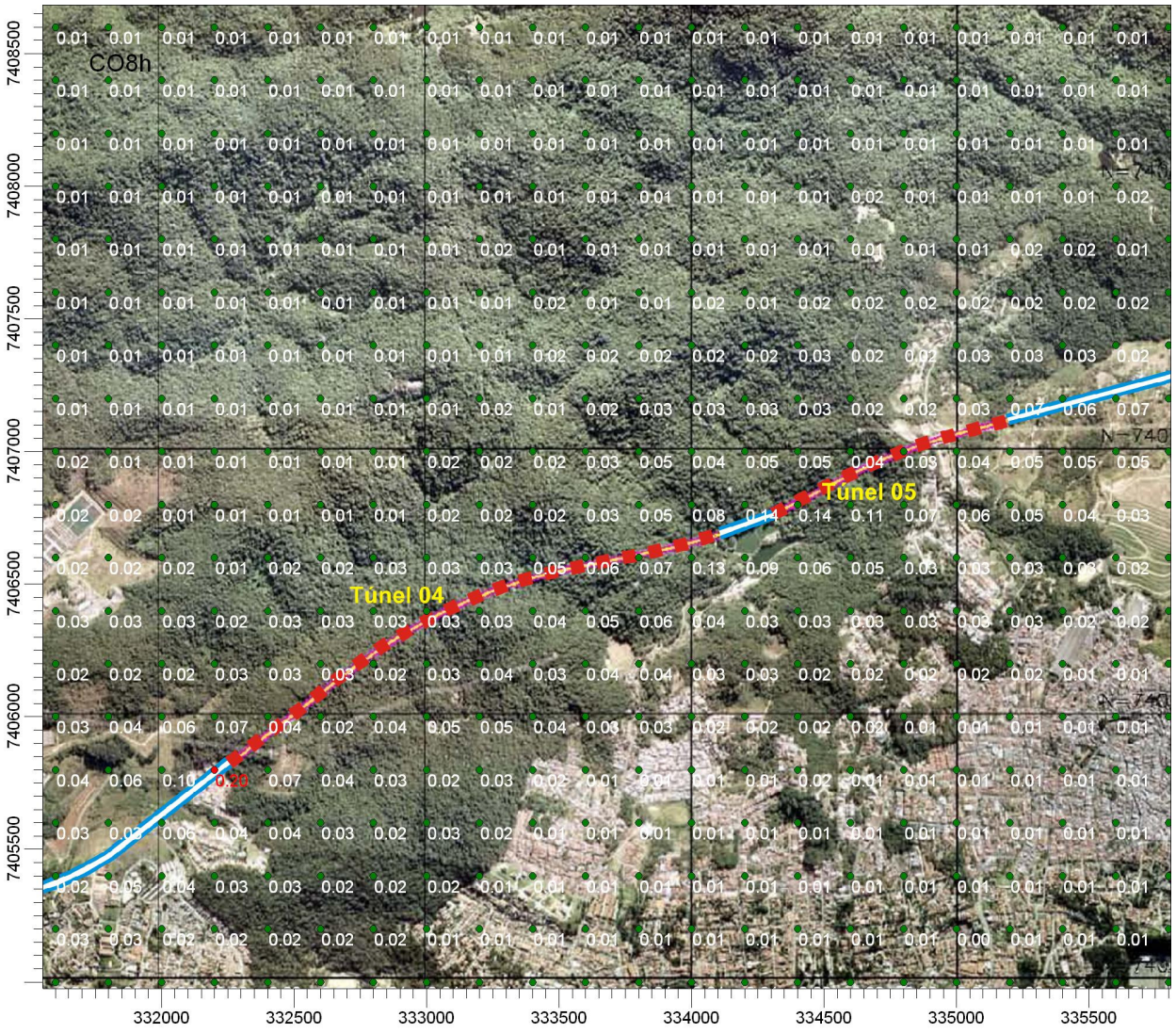
Túnel 04 e 05, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de CO (ppm), Período – 1 hora

Poluente: CO
Período: 1 hora
Padrão Primário: 40.000 µg/m³ (34,9 ppm)



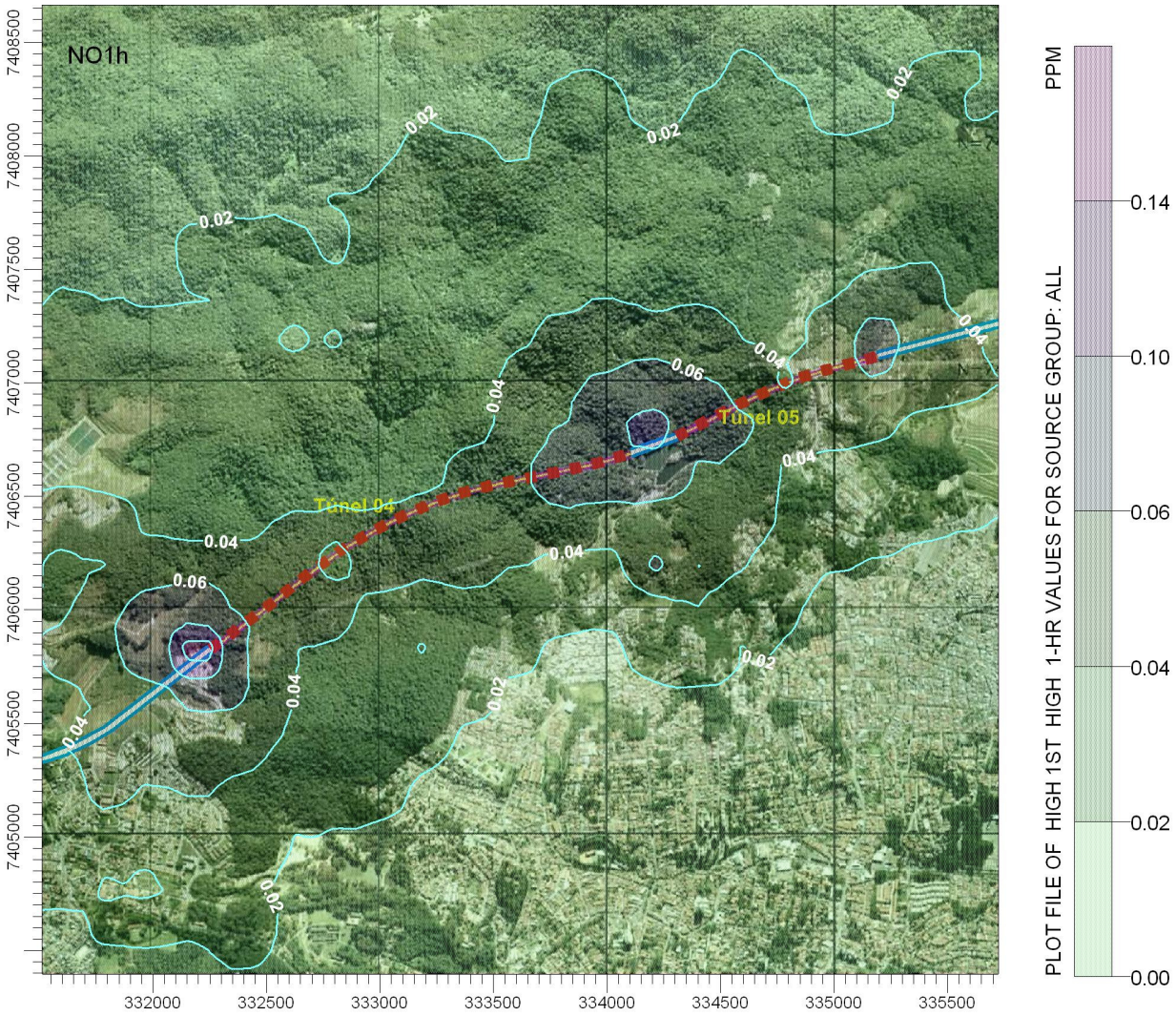
Túnel 04 e 05, Cenário 2.024: Concentração de CO (ppm), Período – 8 horas

Poluente: CO
Período: 8 horas
Padrão Primário: 10.000 µg/m³ (8,7 ppm)



Túnel 04 e 05, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de CO (ppm), Período – 8 horas

Poluente: CO
Período: 8 horas
Padrão Primário: 10.000 µg/m³ (8,7 ppm)

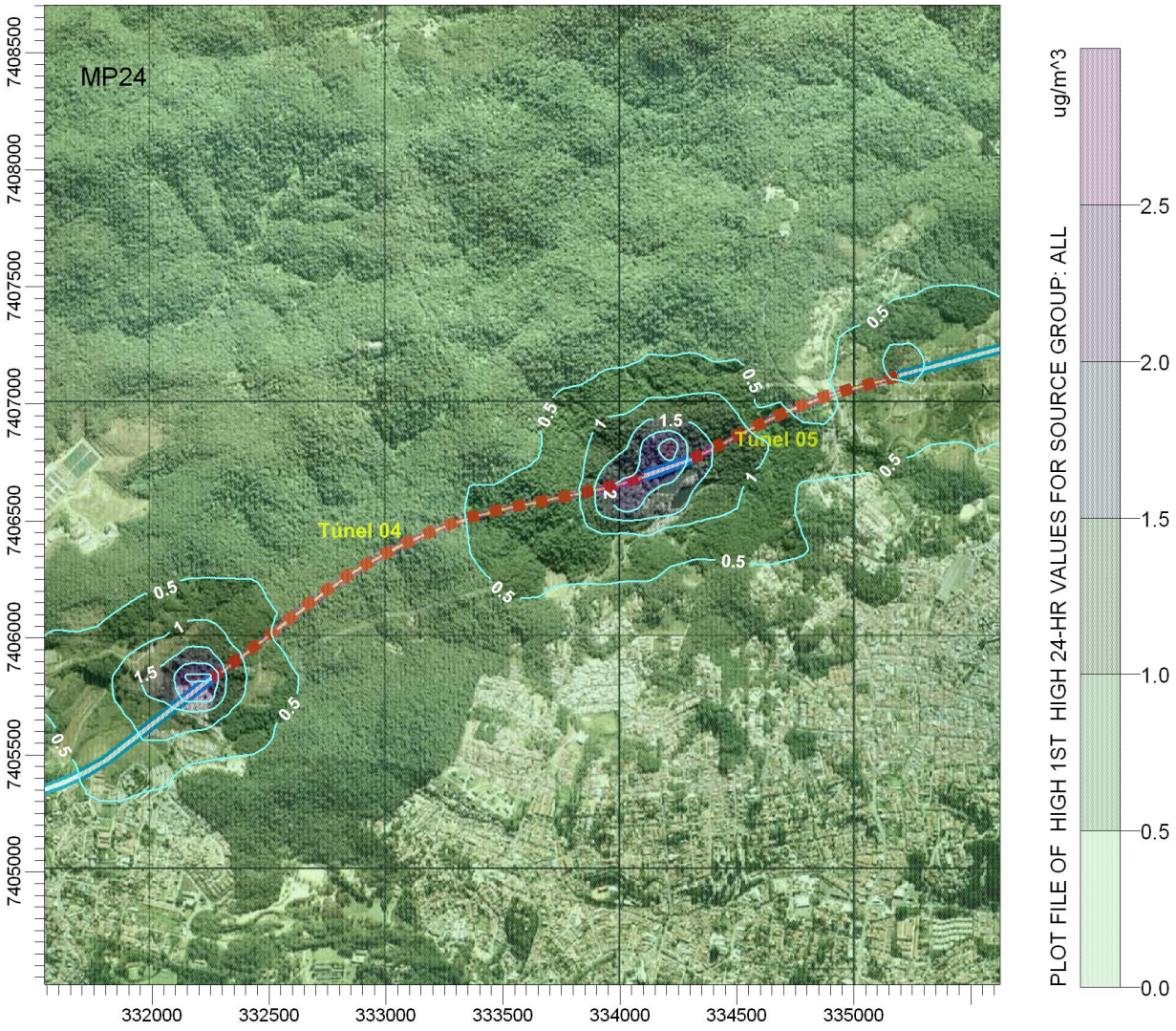


Túnel 04 e 05, Cenário 2.024: Concentração de NO_2 (ppm), Período – 1 hora

Poluente: NO_2
Período: 1 hora
Padrão Primário: 320 µg/m³ (0,17 ppm)

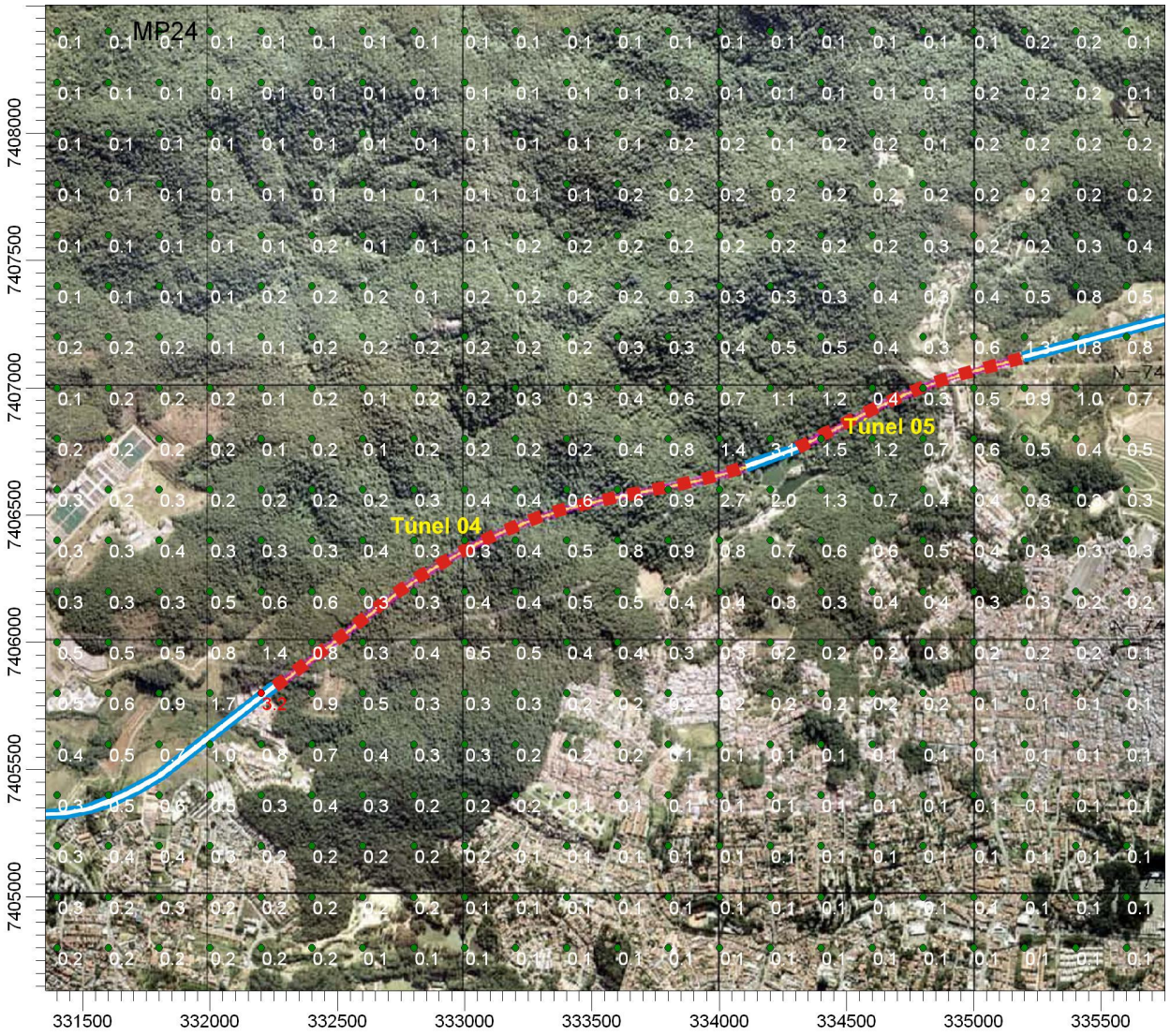
Túnel 04 e 05, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de NO_2 (ppm), Período – 1 hora

Poluente: NO_2
Período: 1 hora
Padrão Primário: 320 µg/m³ (0,17 ppm)



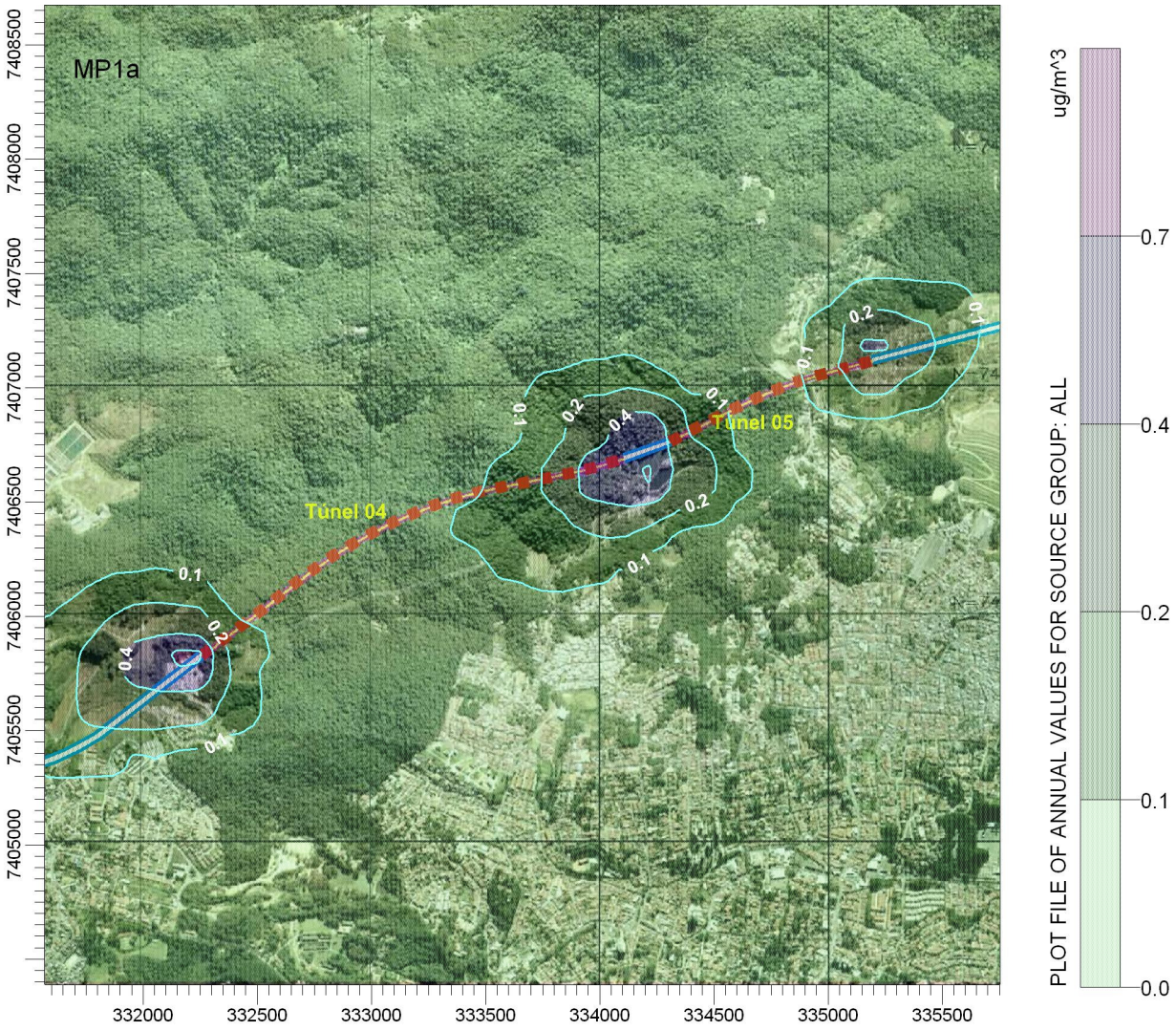
Túnel 04 e 05, Cenário 2.024: Concentração de MP (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: PI
Período: 24 horas
Padrão Primário: 150 µg/m³



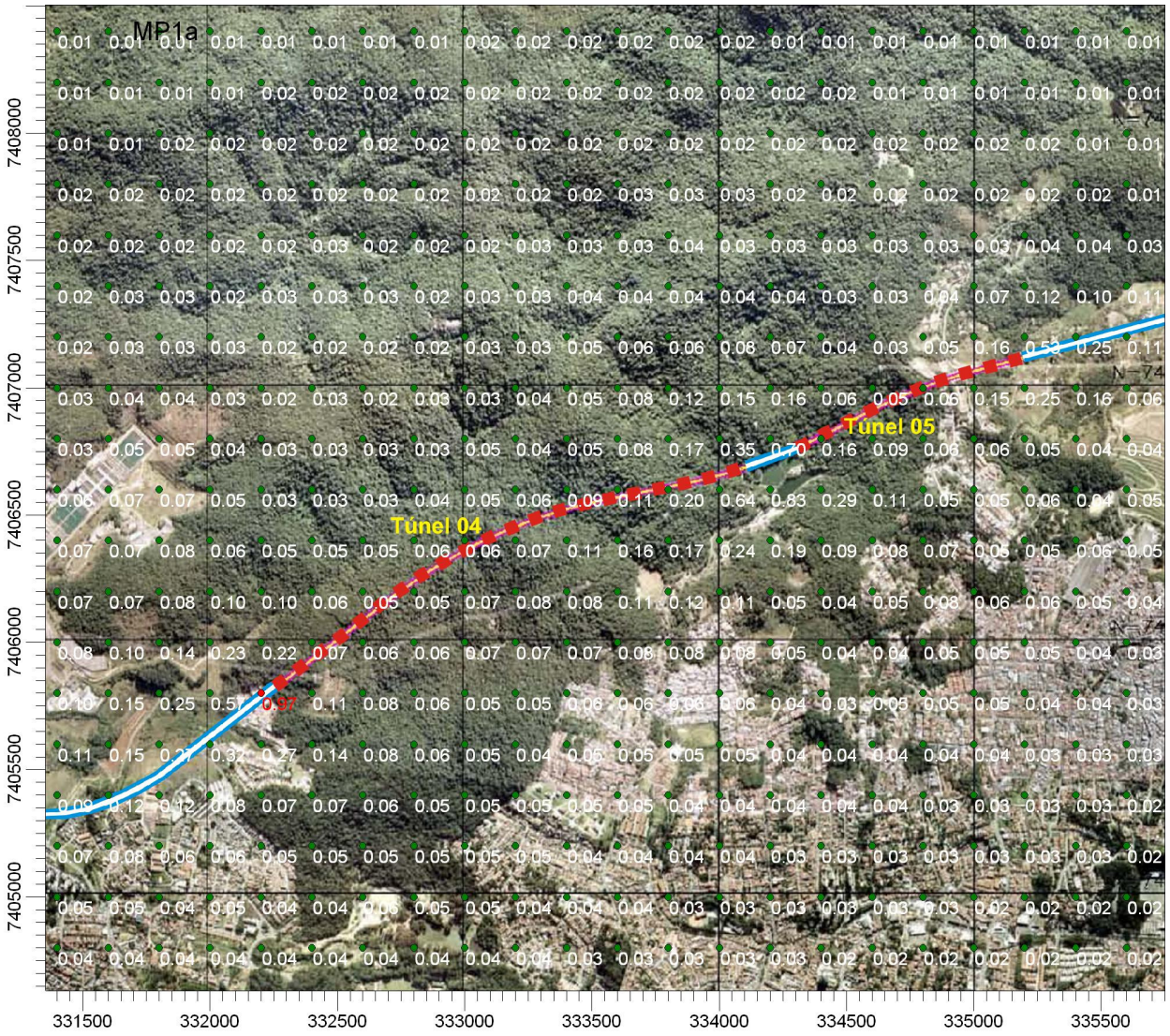
Túnel 04 e 05, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de MP (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: PI
Período: 24 horas
Padrão Primário: 150 µg/m³



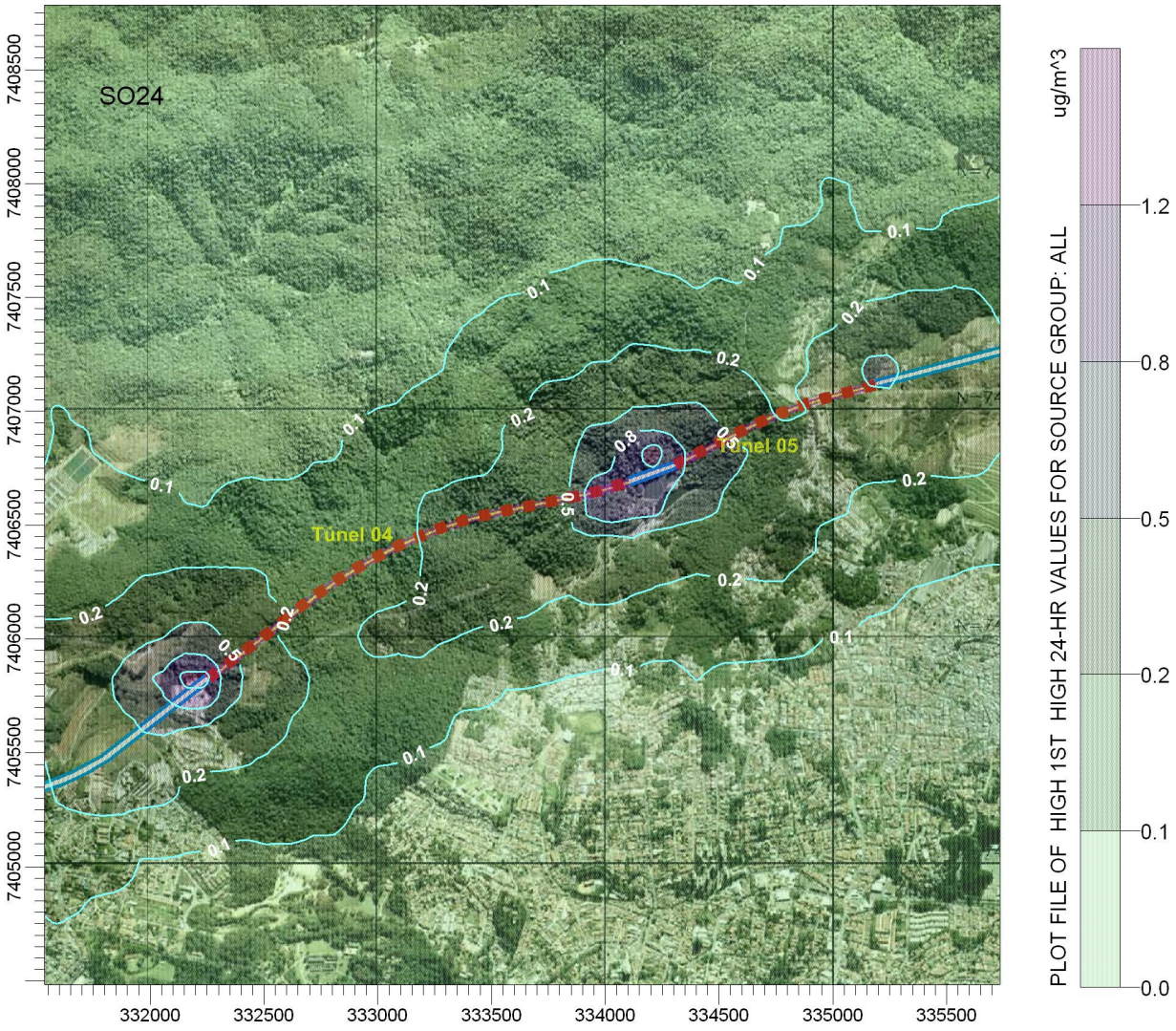
Túnel 04 e 05, Cenário 2.024: Concentração de MP (µg/m³), Período – Anual

Poluente: PI
Período: Anual
Padrão Primário: 50 µg/m³



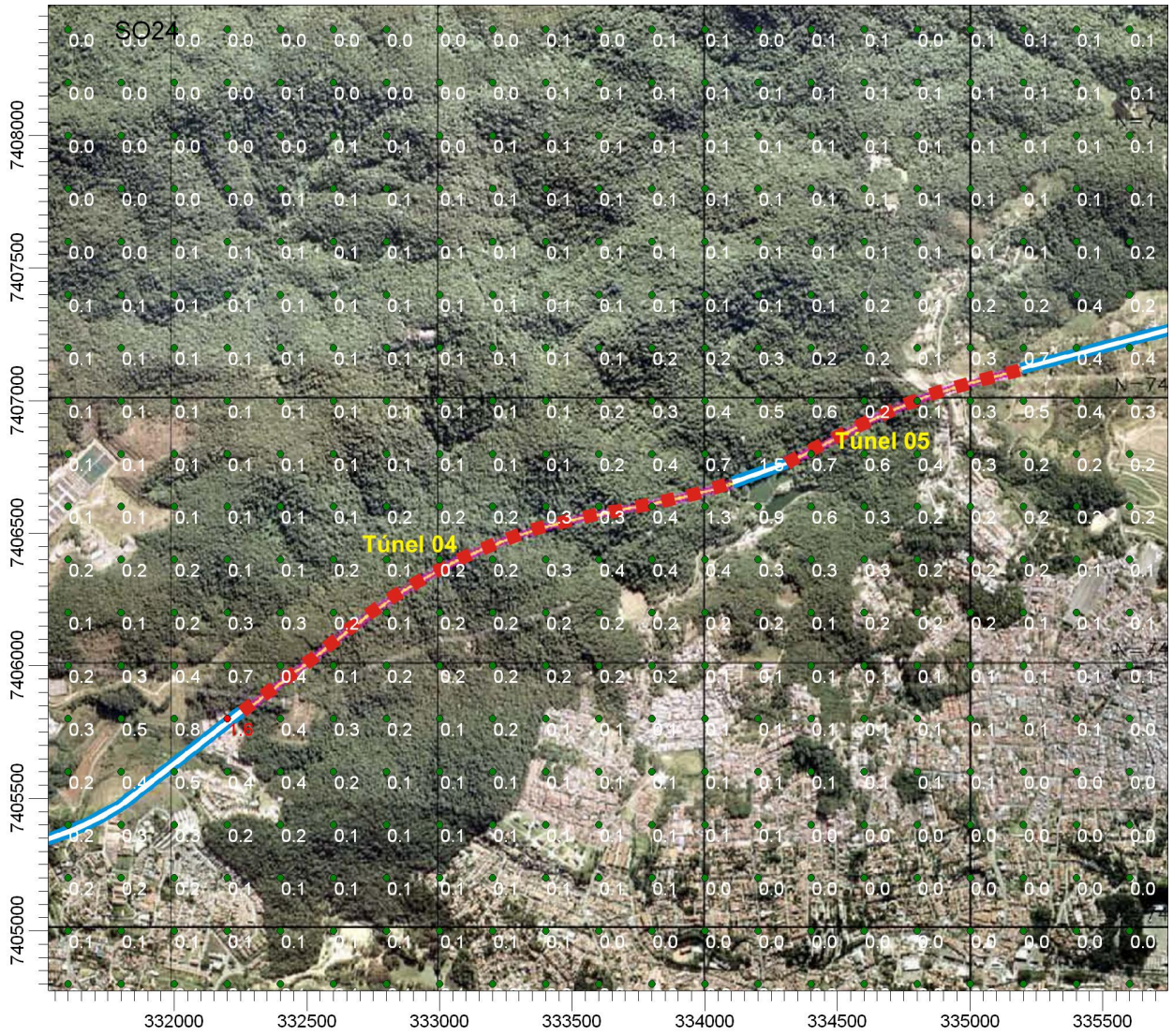
Túnel 04 e 05, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de MP (µg/m³), Período – Anual

Poluente: PI
Período: Anual
Padrão Primário: 50 µg/m³



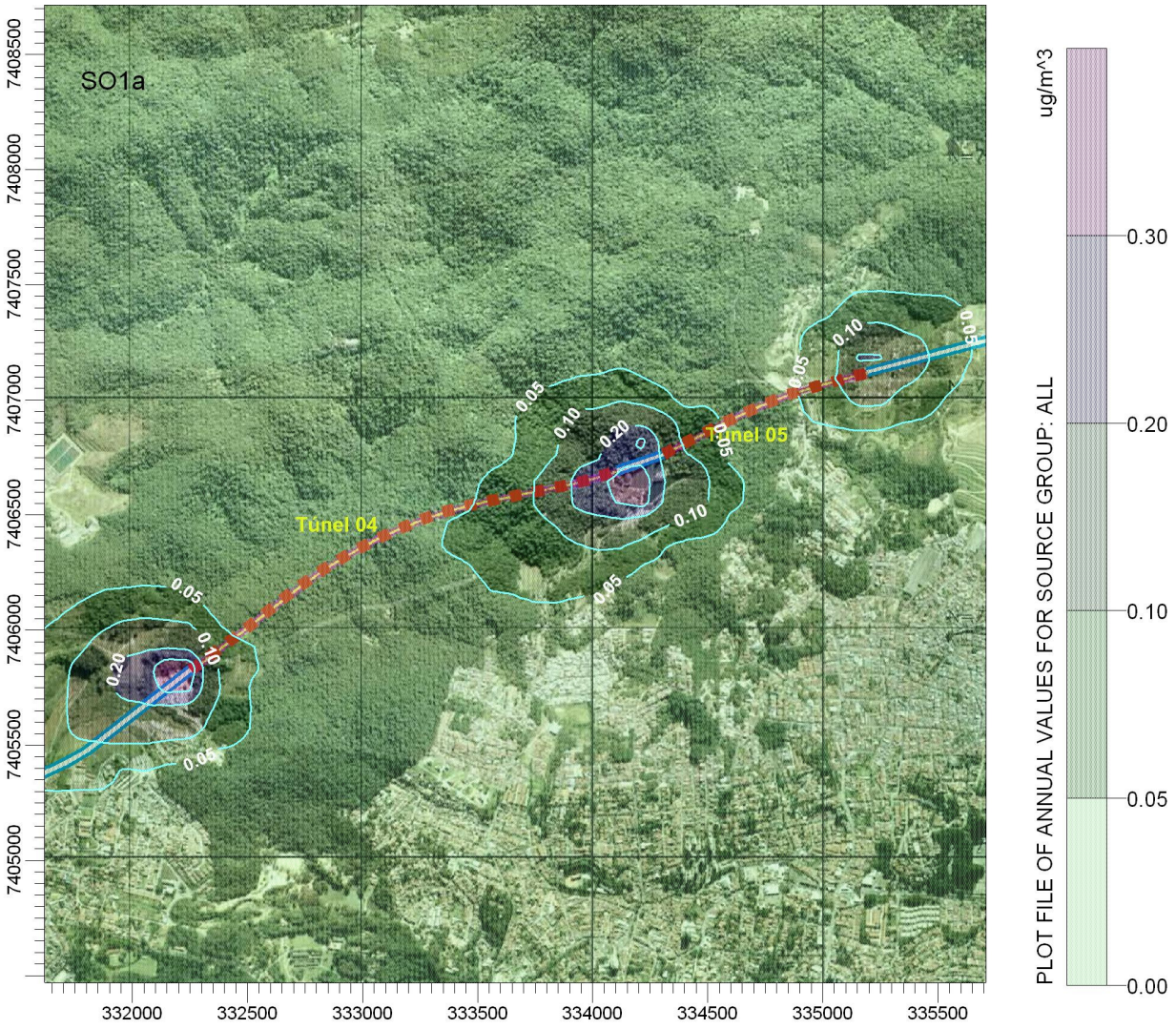
Túnel 04 e 05, Cenário 2.024: Concentração de SO_2 (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: SO_2
Período: 24 horas
Padrão Primário: 365 µg/m³
Padrão Secundário: 100 µg/m³



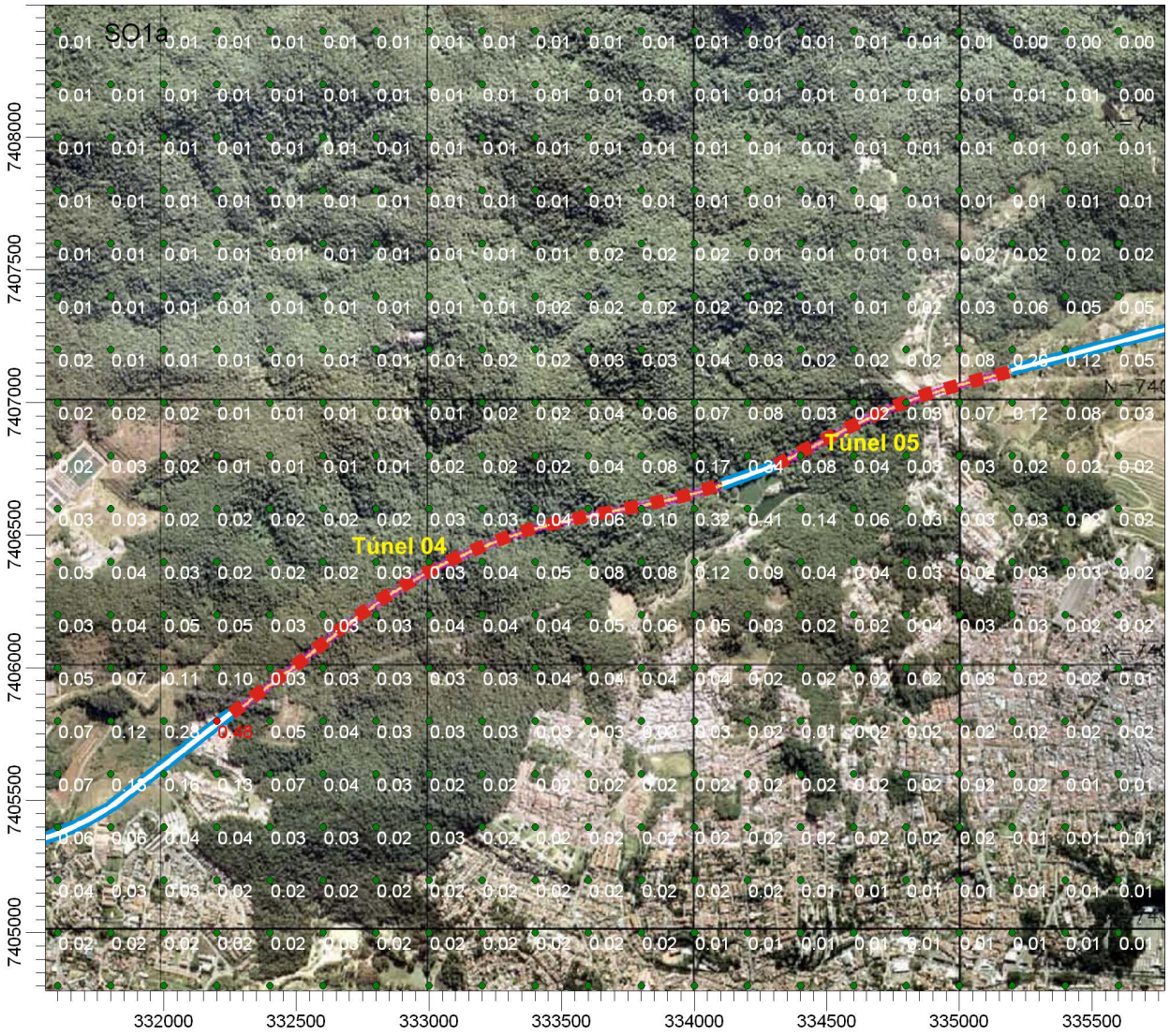
Túnel 04 e 05, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de SO_2 (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: SO_2
Período: 24 horas
Padrão Primário: 365 µg/m³
Padrão Secundário: 100 µg/m³



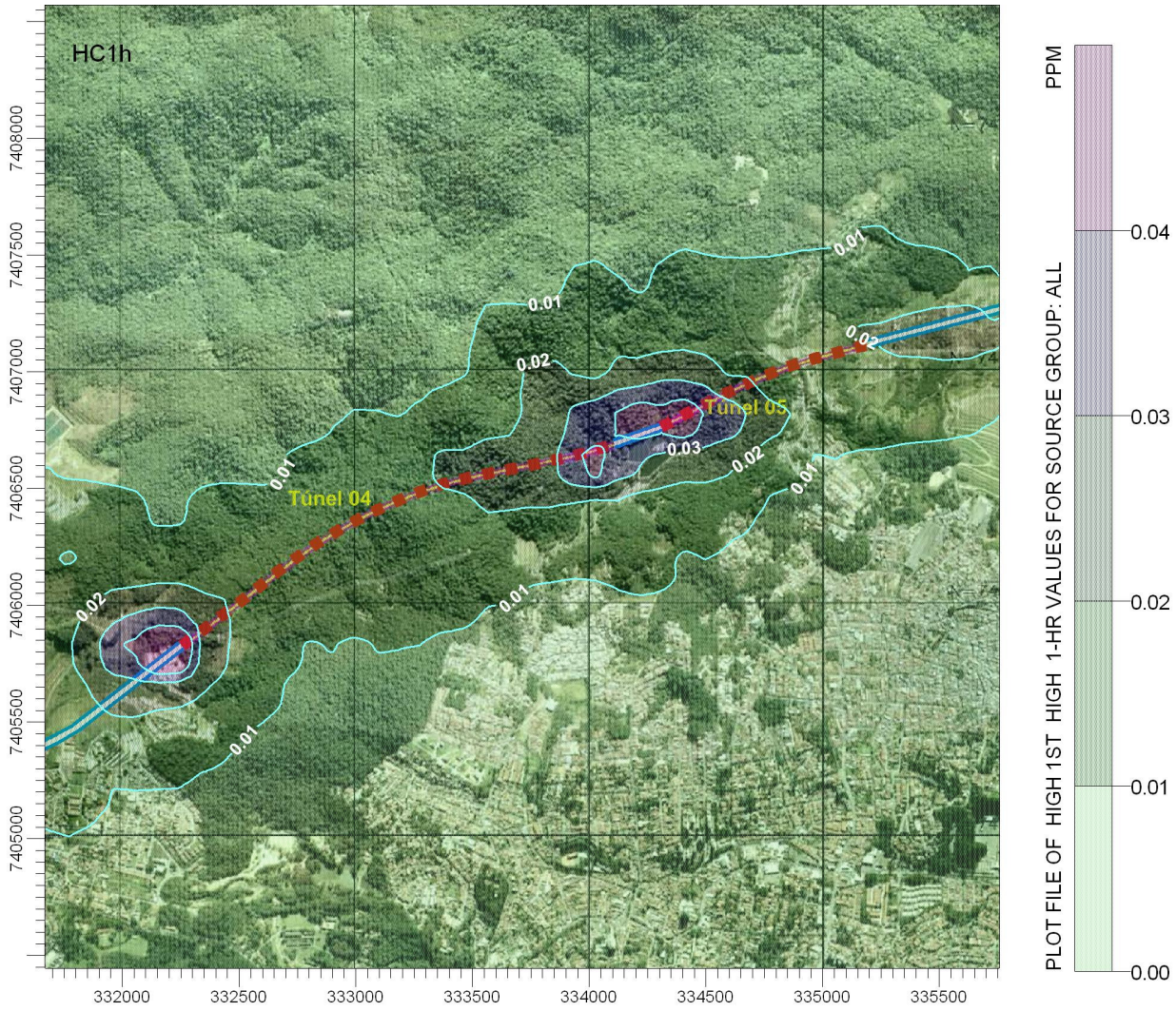
Túnel 04 e 05, Cenário 2.024: Concentração de SO_2 (µg/m³), Período – Anual

Poluente: SO_2
Período: Anual
Padrão Primário: 80 µg/m³
Padrão Secundário: 40 µg/m³



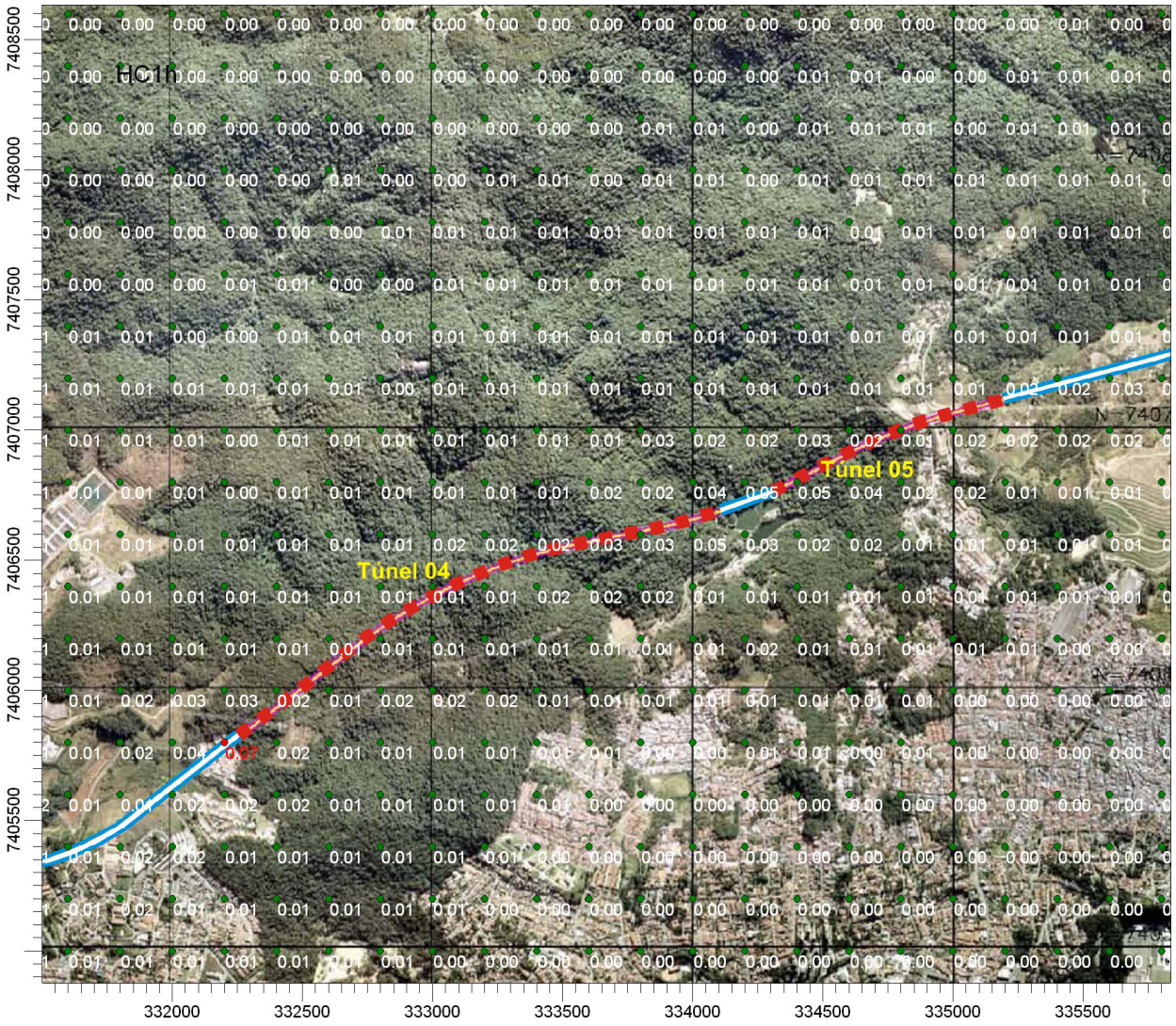
Túnel 04 e 05, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de SO_2 (µg/m³), Período – Anual

Poluente: SO_2
Período: Anual
Padrão Primário: 80 µg/m³
Padrão Secundário: 40 µg/m³



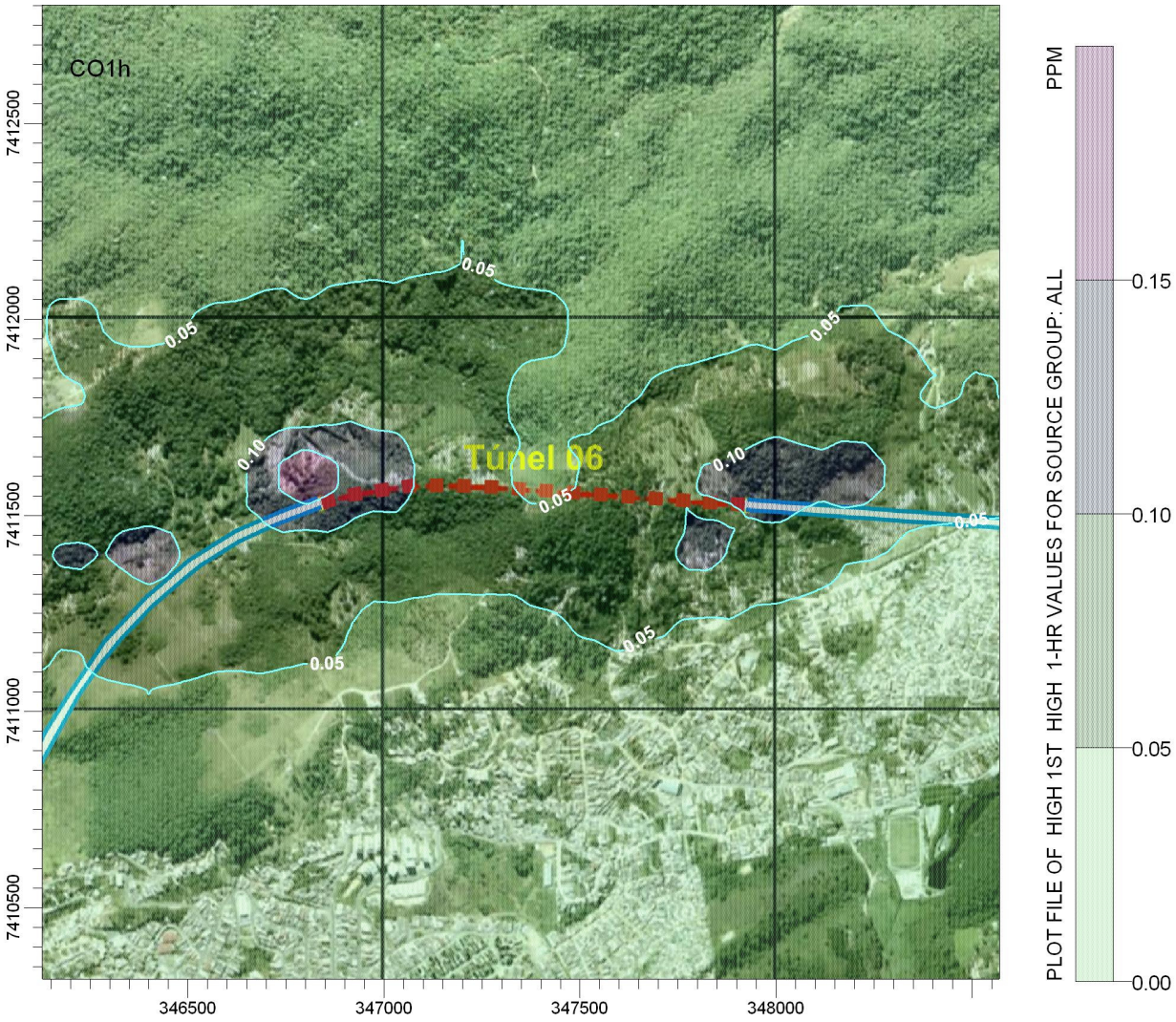
Túnel 04 e 05, Cenário 2.024: Concentração de HC (ppm), Período – 1 hora

Poluente: HC (como Hexano)
Período: 1 hora
Padrão Primário: -



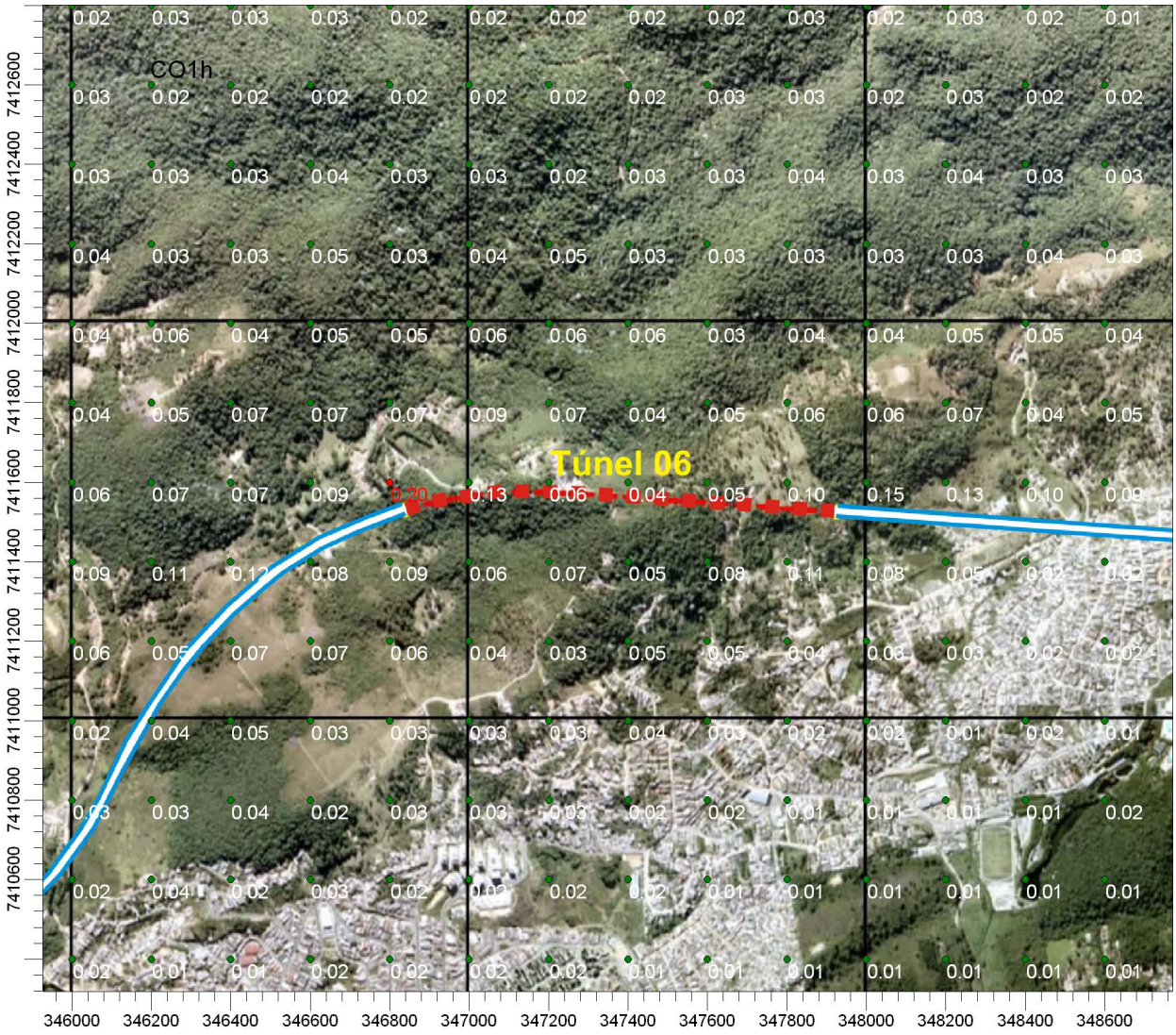
Túnel 04 e 05, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de HC (ppm), Período – 1 hora

Poluente: HC (como Hexano)
Período: 1 hora
Padrão Primário: -



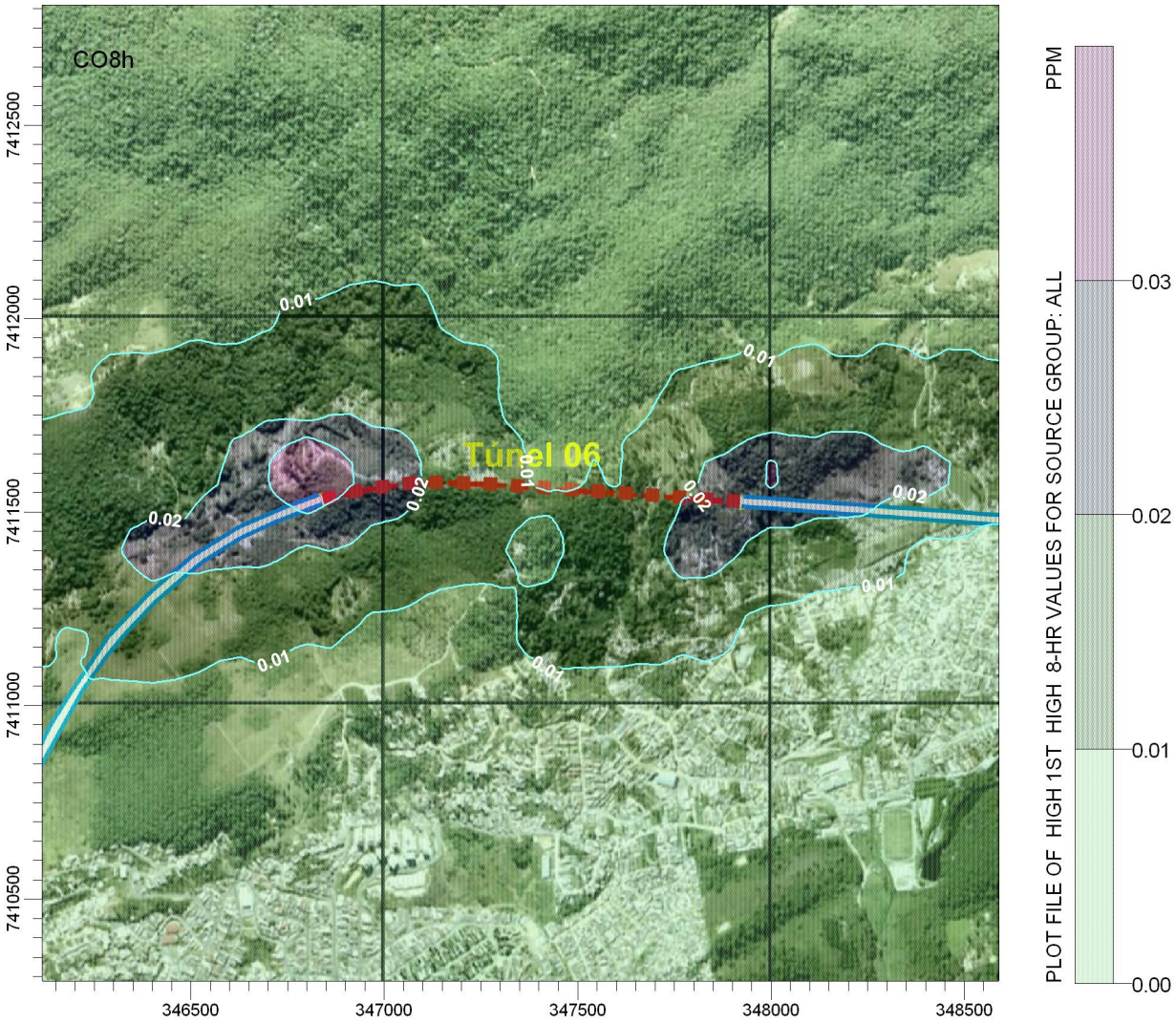
Túnel 06, Cenário 2.024: Concentração de CO (ppm), Período – 1 hora

Poluente: CO
Período: 1 hora
Padrão Primário: 40.000 µg/m³ (34,9 ppm)



Túnel 06, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de CO (ppm), Período – 1 hora

Poluente: CO
Período: 1 hora
Padrão Primário: 40.000 µg/m³ (34,9 ppm)

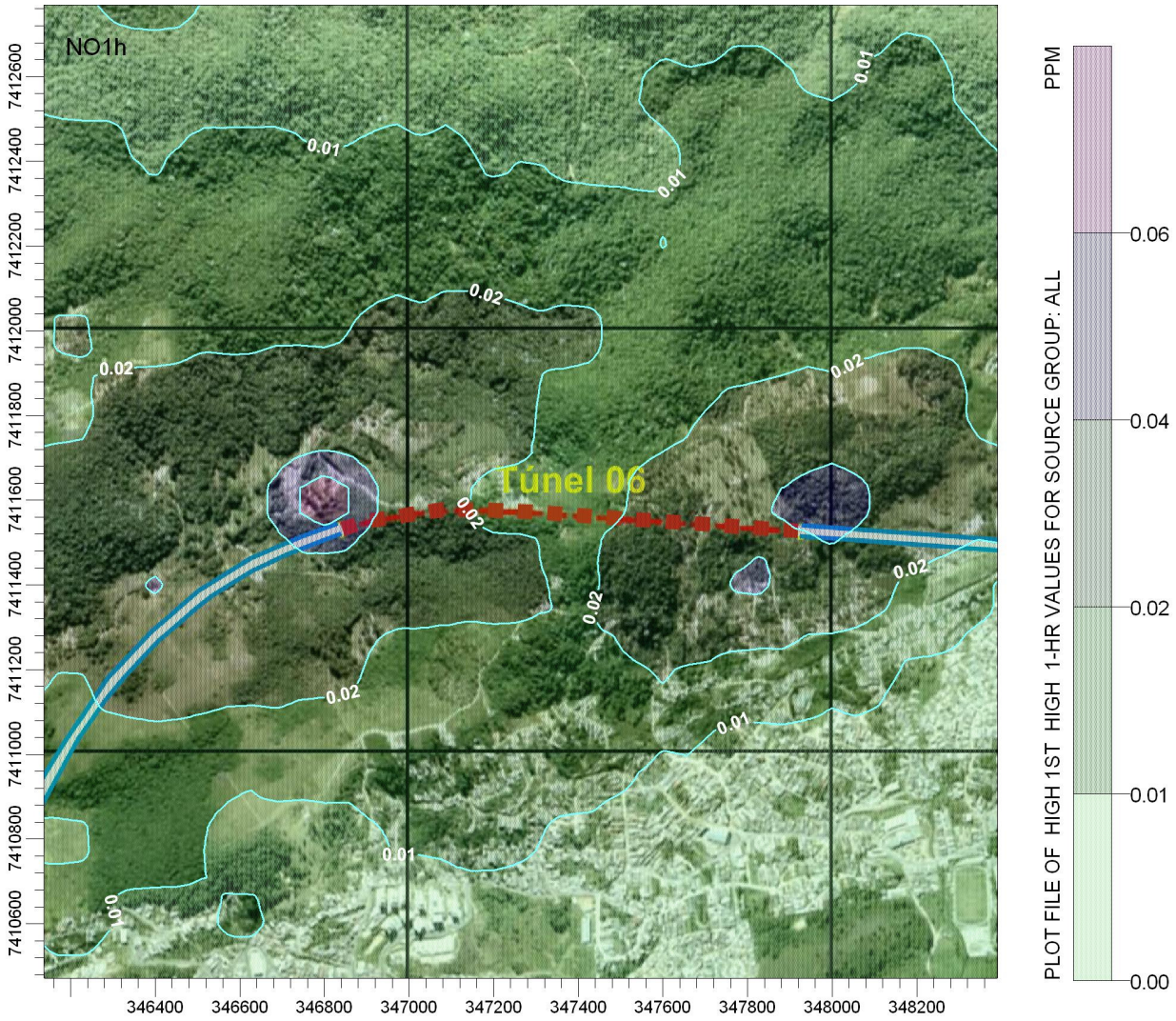


Túnel 06, Cenário 2.024: Concentração de CO (ppm), Período – 8 horas

Poluente: CO
Período: 8 horas
Padrão Primário: 10.000 µg/m³ (8,7 ppm)

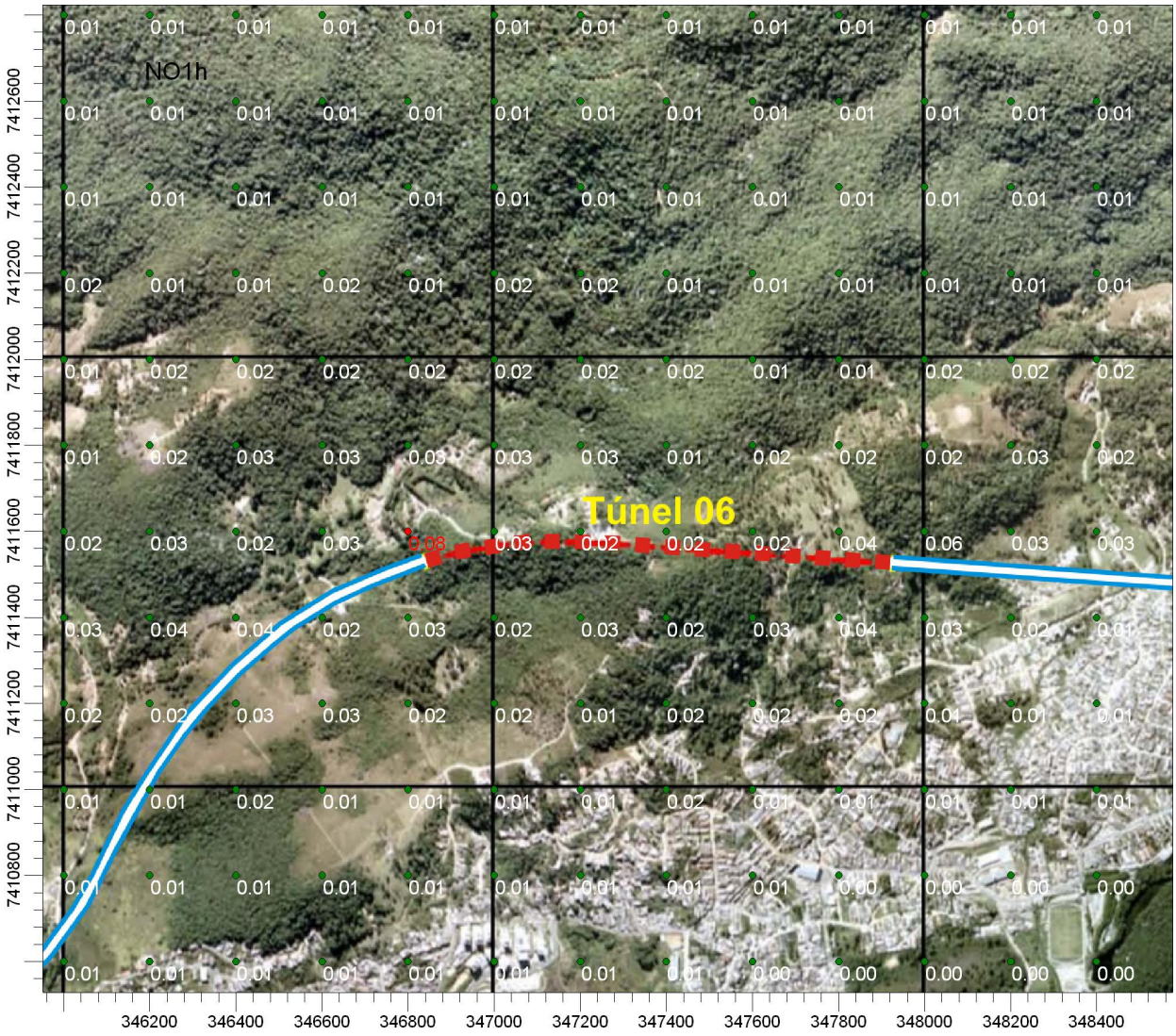
Túnel 06, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de CO (ppm), Período – 8 horas

Poluente: CO
Período: 8 horas
Padrão Primário: 10.000 µg/m³ (8,7 ppm)



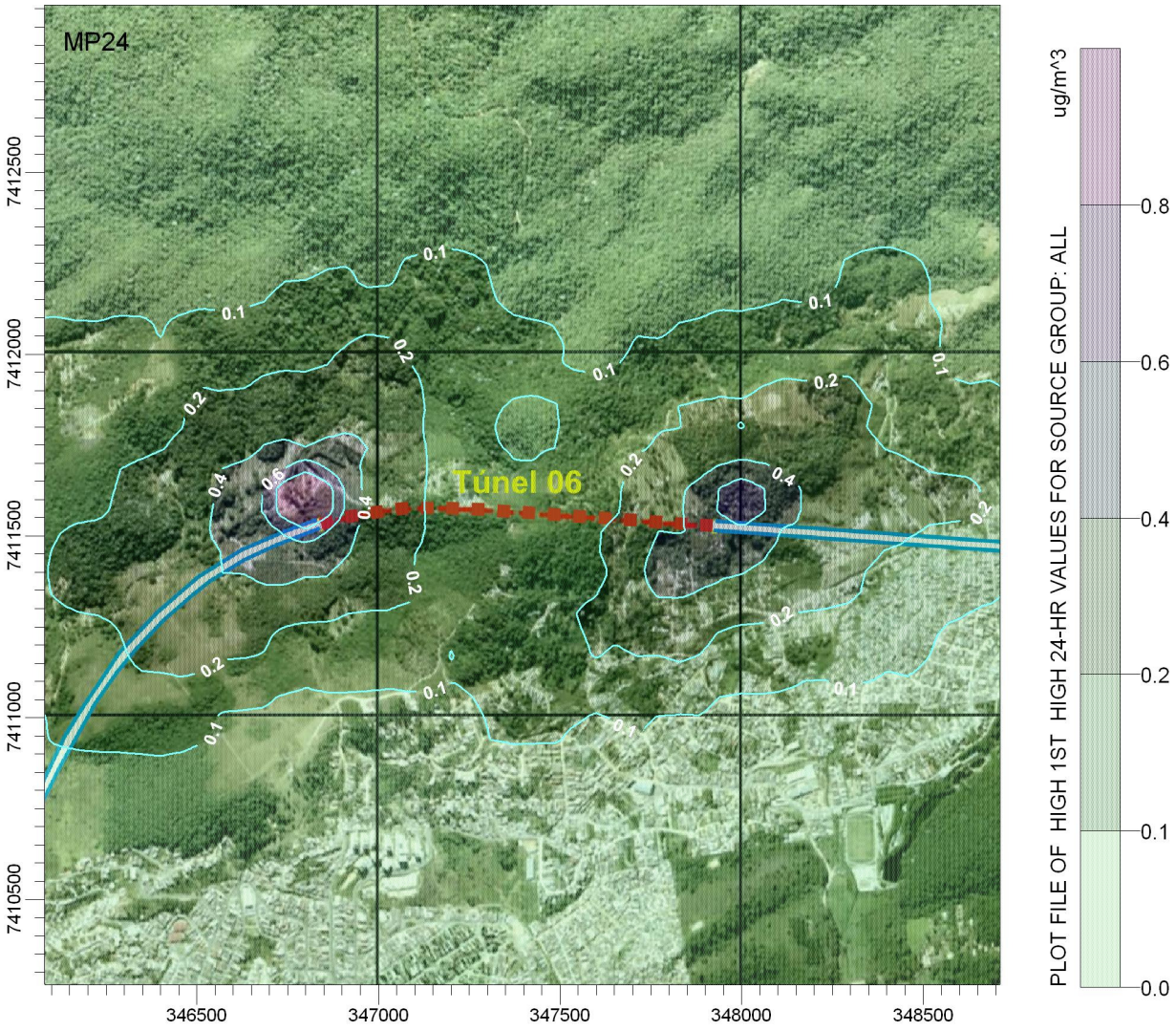
Túnel 06, Cenário 2.024: Concentração De NO_2 (ppm), Período – 1 hora

Poluente: NO_2
Período: 1 hora
Padrão Primário: 320 µg/m³ (0,17 ppm)



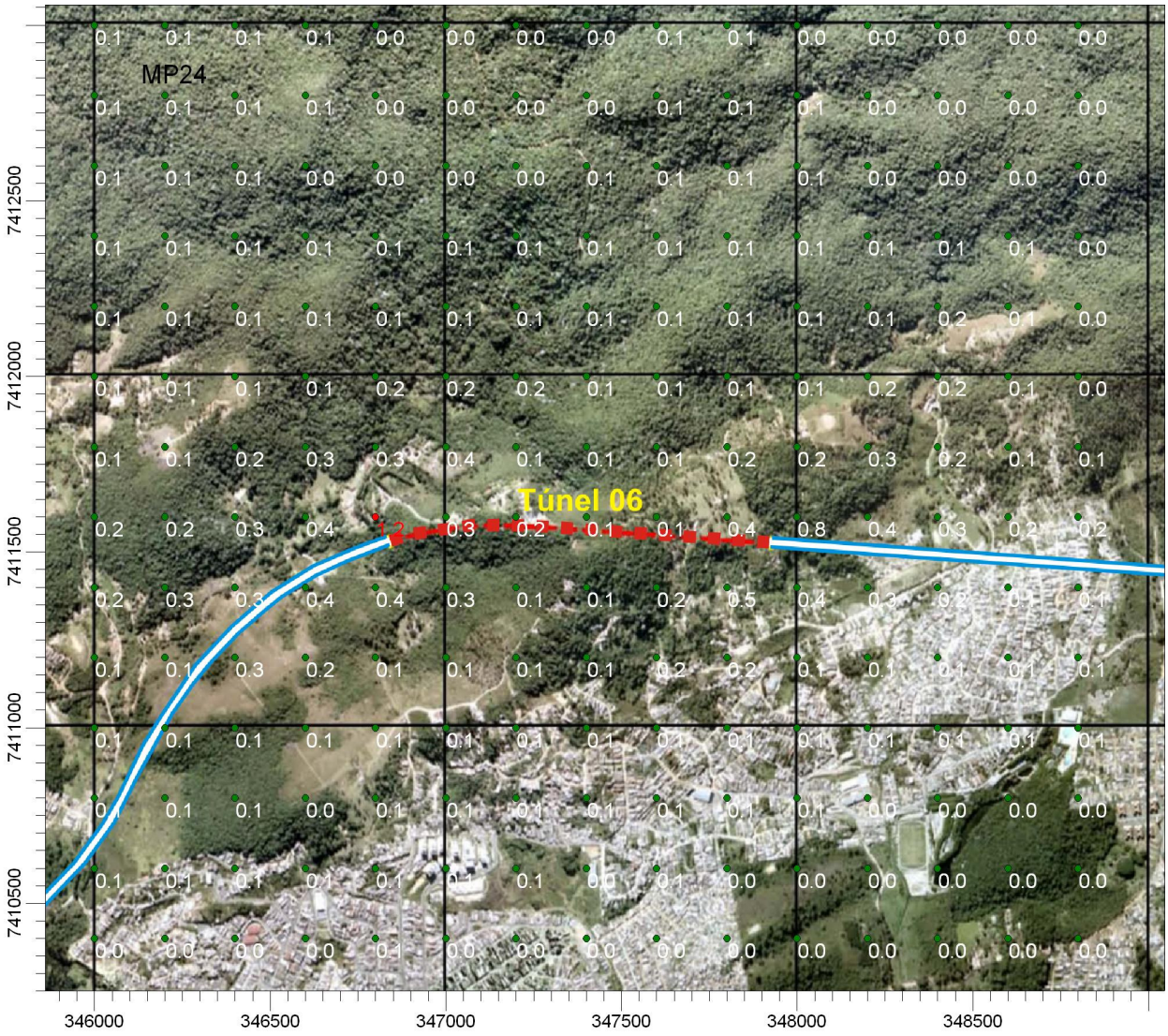
Túnel 06, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de NO_2 (ppm), Período – 1 hora

Poluente: NO_2
Período: 1 hora
Padrão Primário: 320 µg/m³ (0,17 ppm)



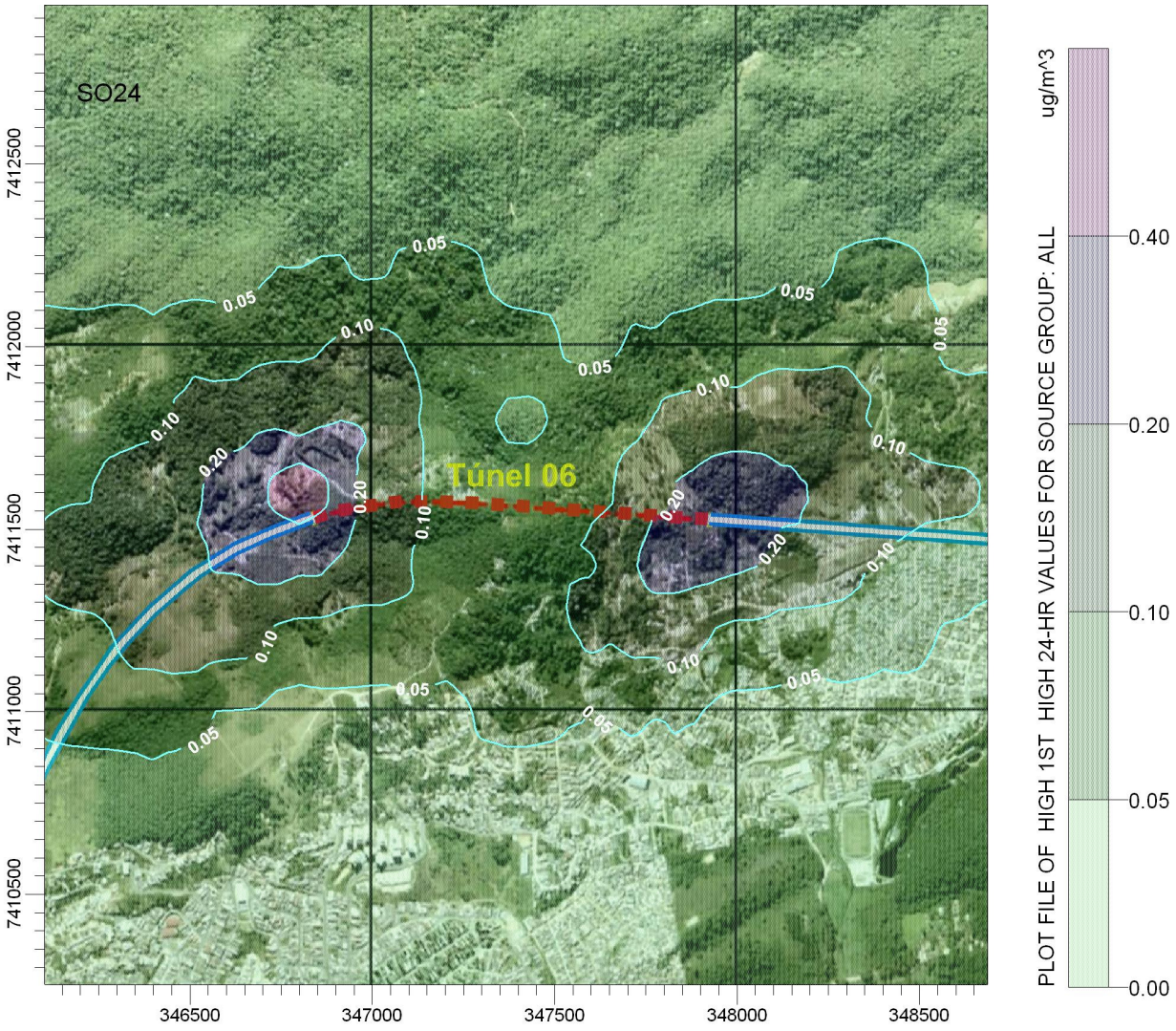
Túnel 06, Cenário 2.024: Concentração de MP (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: PI
Período: 24 horas
Padrão Primário: 150 µg/m³



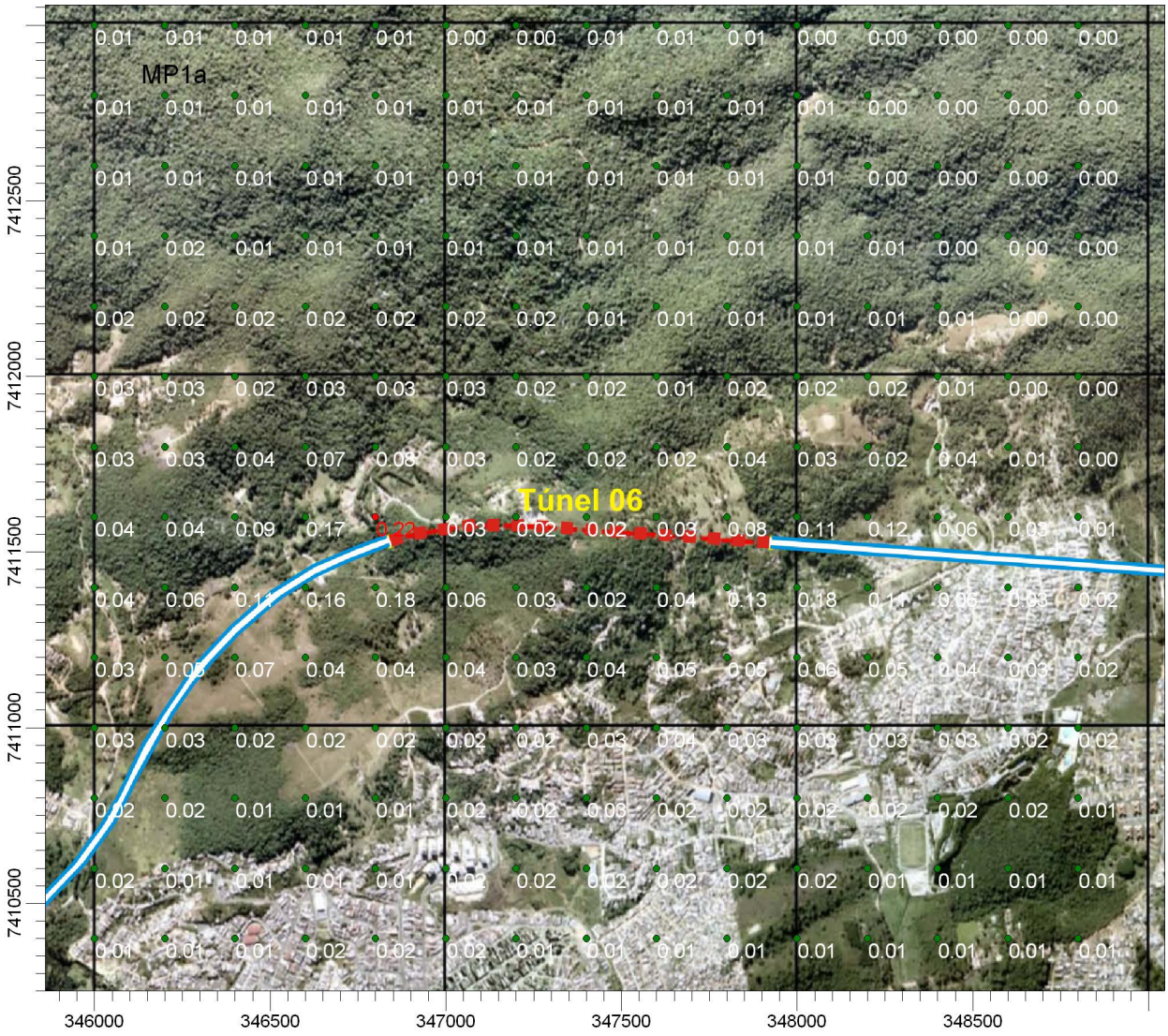
Túnel 06, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de MP (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: PI
Período: 24 horas
Padrão Primário: 150 µg/m³



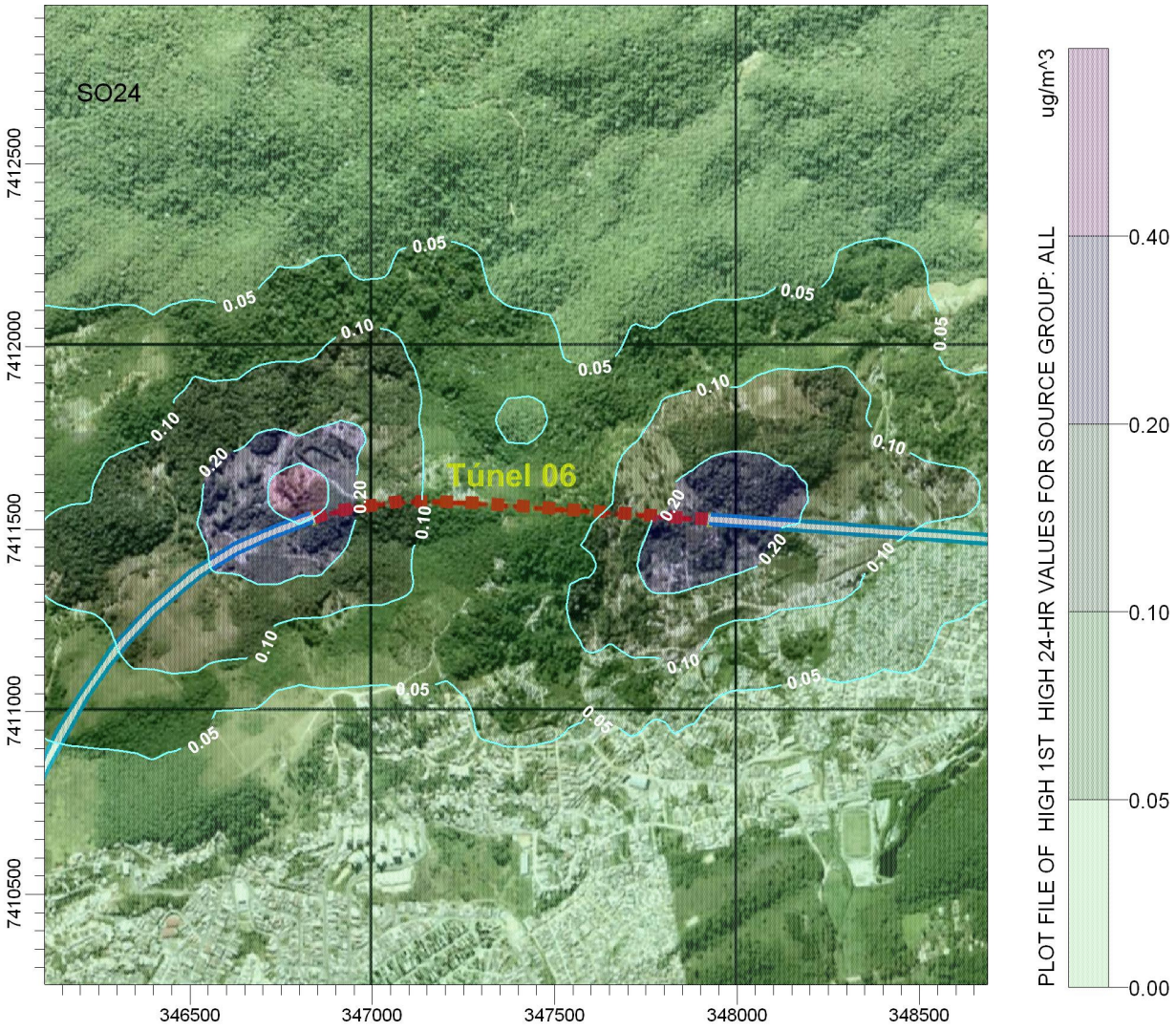
Túnel 06, Cenário 2.024: Concentração de MP (µg/m³), Período – Anual

Poluente: PI
Período: Anual
Padrão Primário: 50 µg/m³



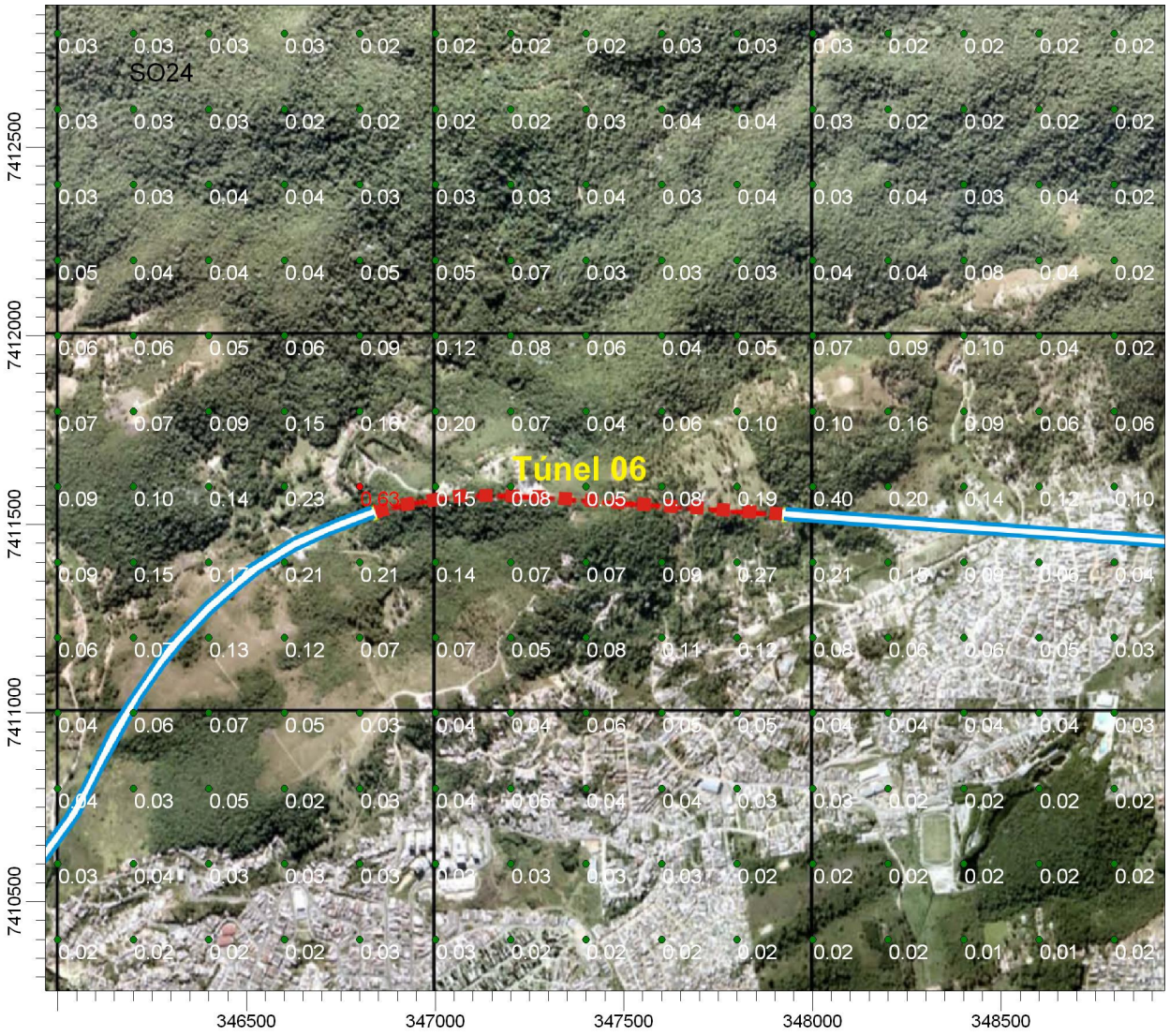
Túnel 06, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de MP (µg/m³), Período – Anual

Poluente: PI
Período: Anual
Padrão Primário: 50 µg/m³



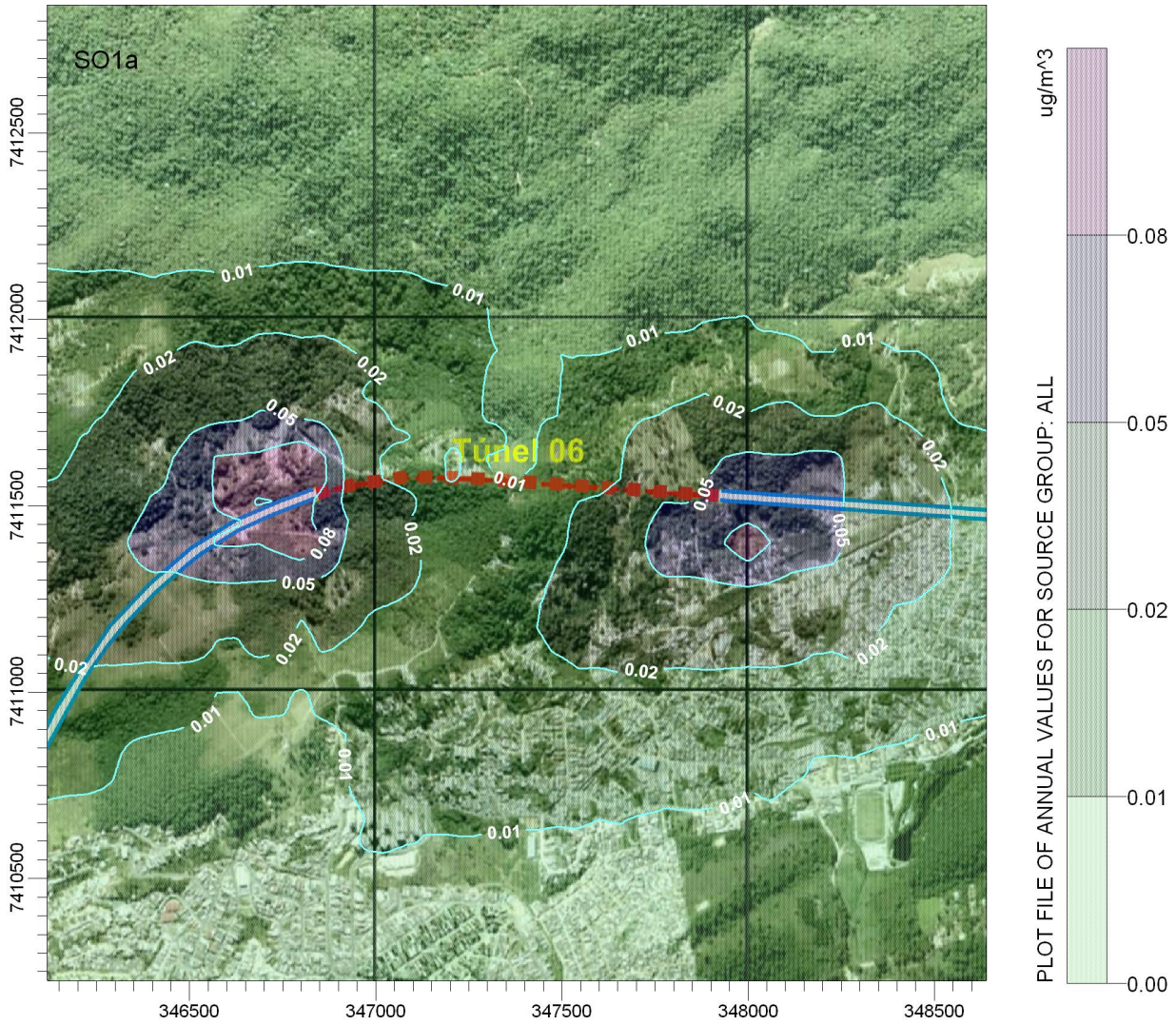
Túnel 06, Cenário 2.024: Concentração de SO_2 (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: SO_2
Período: 24 horas
Padrão Primário: 365 µg/m³
Padrão Secundário: 100 µg/m³



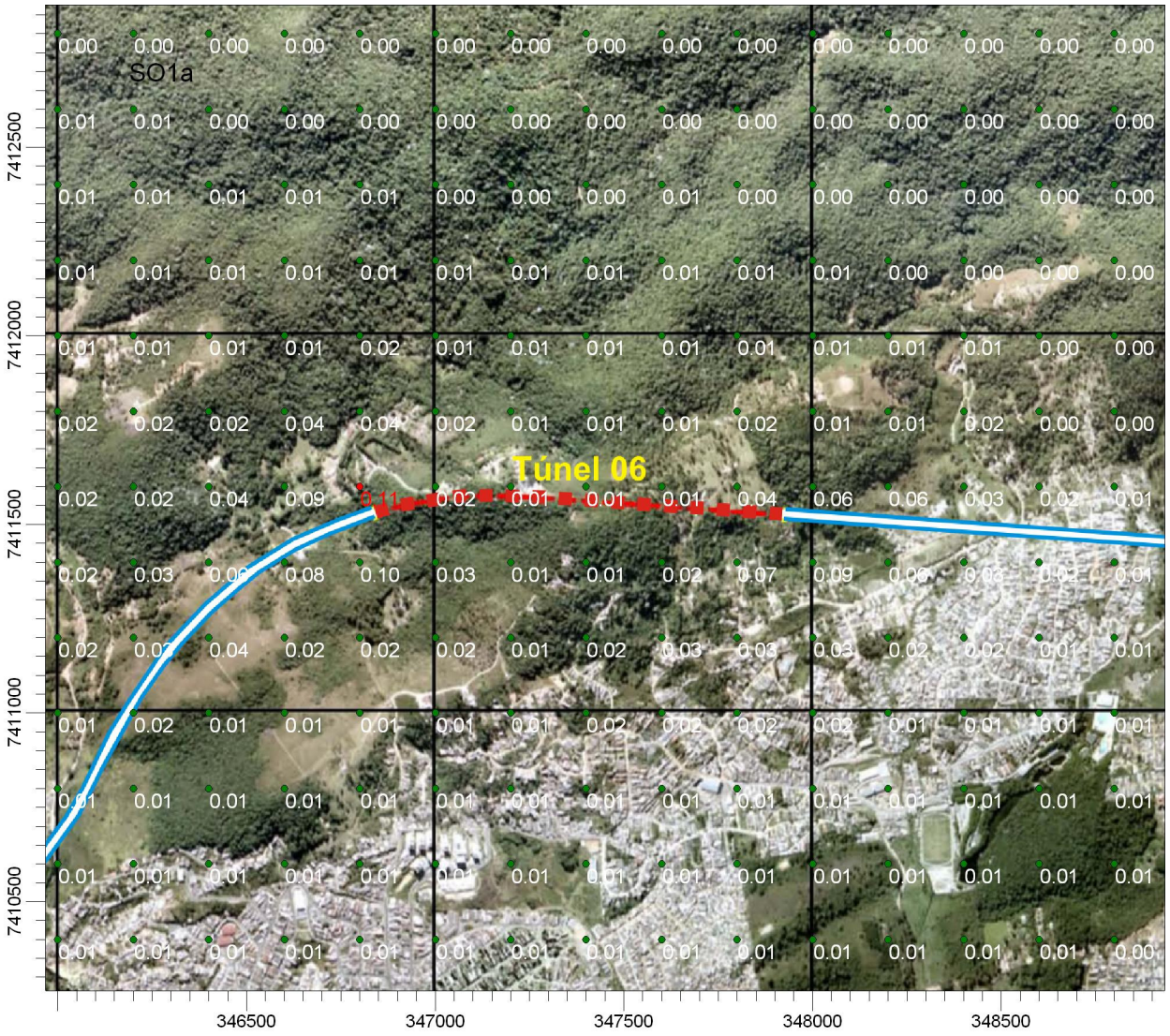
Túnel 06, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de SO_2 (µg/m³), Período – 24 horas

Poluente: SO_2
Período: 24 horas
Padrão Primário: 365 µg/m³
Padrão Secundário: 100 µg/m³



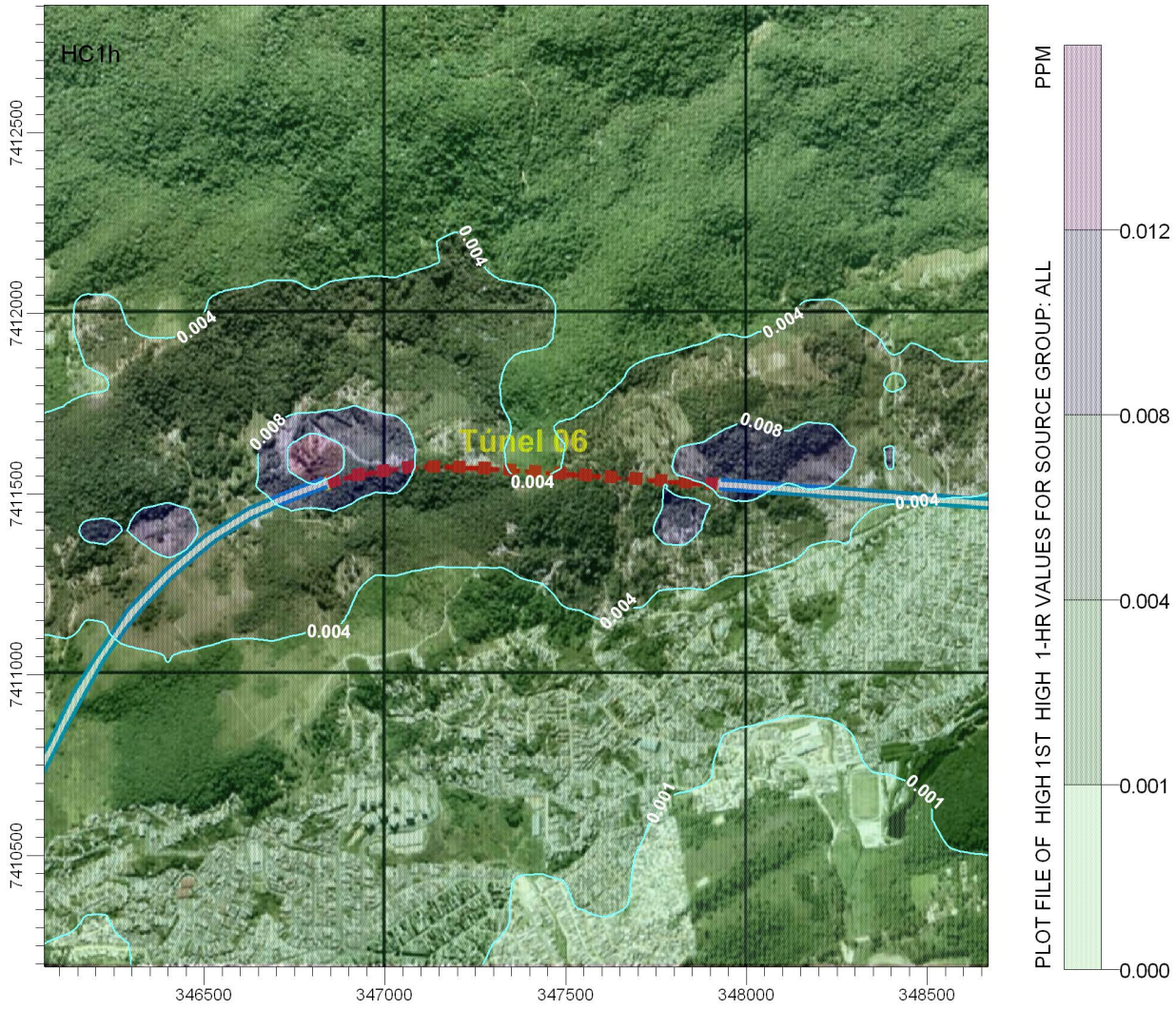
Túnel 06, Cenário 2.024: Concentração de SO_2 (µg/m³), Período – Anual

Poluente: SO_2
Período: Anual
Padrão Primário: 80 µg/m³
Padrão Secundário: 40 µg/m³



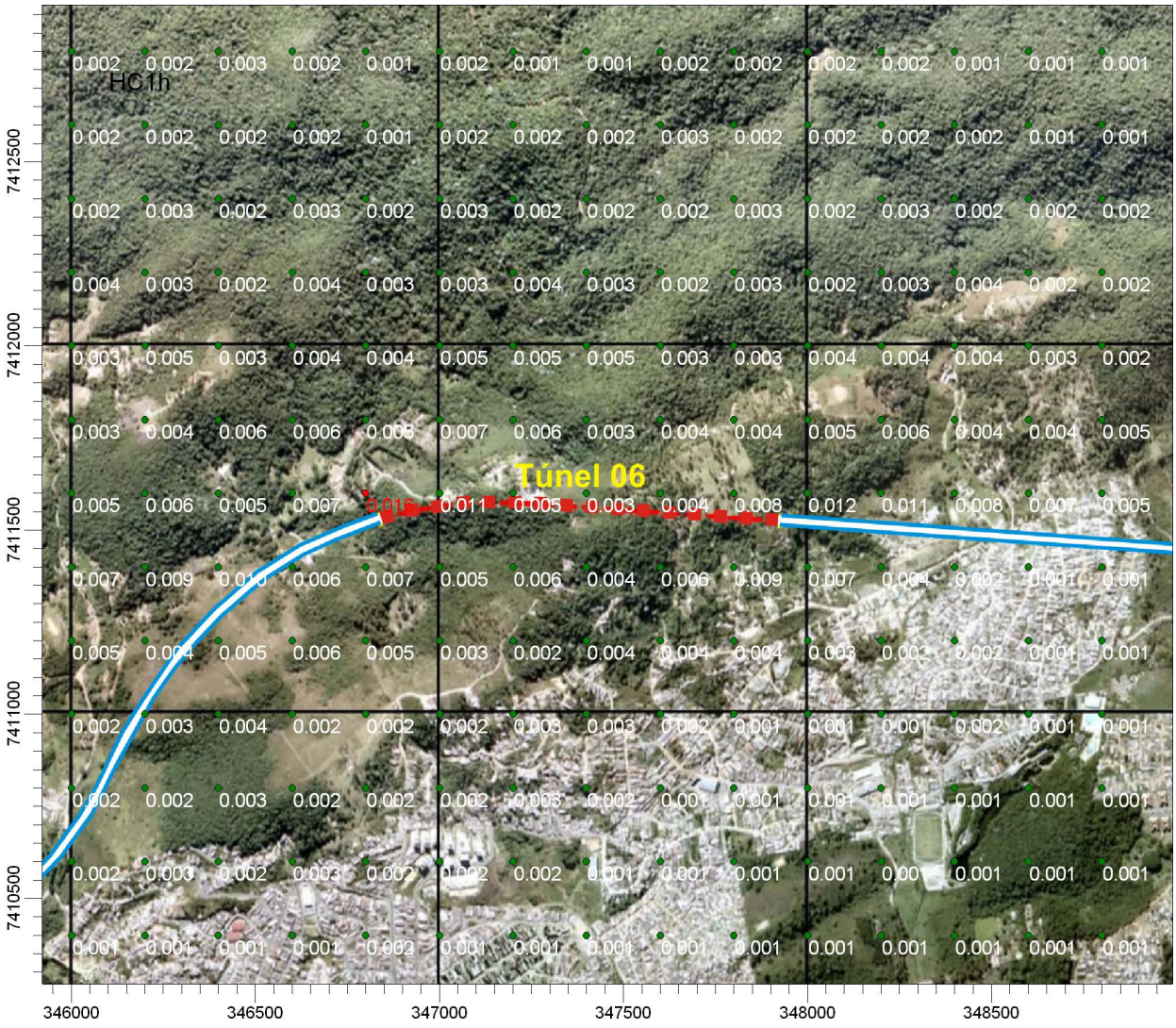
Túnel 06, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de SO_2 (µg/m³), Período – Anual

Poluente: SO_2
Período: Anual
Padrão Primário: 80 µg/m³
Padrão Secundário: 40 µg/m³



Túnel 06, Cenário 2.024: Concentração de HC (ppm), Período – 1 hora

Poluente: HC (como Hexano)
Período: 1 hora
Padrão Primário: -



Túnel 06, Cenário 2.024: Pontos de Concentração Calculada de HC (ppm), Período – 1 hora

Poluente: HC (como Hexano)
Período: 1 hora
Padrão Primário: -